

제5장 하수찌꺼기 처리·처분계획

1. 기초조사

1.1 개요

- 생활수준의 향상과 경제규모의 성장으로 우리나라 하수도 보급률은 2017년 기준 93.6%를 나타내고 있으며, 하수처리시설 위주에서 하수관거 보급 확대로 하수도 정책이 변화하고 있음
- 하수관거정비 BTL사업으로 인한 분류식 하수관거의 보급률이 증가하여 이로 인한 분뇨 직투입으로 하수 찌꺼기의 발생량도 지속적으로 증가하고 있음
- 하수찌꺼기는 반고형 상태로 부패성이 강하고 보건위생상 위해하며 높은 함수율로 인하여 그 부피가 크게 발생됨
- 하수찌꺼기 최종처분 시 취급과 운반을 용이하게 하고 부피를 감소시켜 처분비용을 절감하며 유기물을 분해하여 2차 오염을 방지할 수 있도록 하수찌꺼기를 안정화 시키고 병원균을 사멸시켜 위생상 안정화 하는데 하수찌꺼기 처리·처분의 목적이 있음
- 본 계획에서는 인천광역시의 하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기 처리를 위한 다양한 처리·처분방법을 검토하여 지역특성에 적합하고 처리비용을 절감시킬 수 있는 합리적인 방안을 제시하고자 함

1.2 하수찌꺼기 처리현황 및 문제점

1.2.1 국내 하수찌꺼기 처리·처분현황

- 2017년 기준 국내 하수처리시설에서 발생된 하수찌꺼기 최종 처리량은 총 4,167천톤으로 이중 재활용 처분량이 총 처분량의 56.8%인 2,369천톤으로 대부분을 차지하고 있으며, 다음으로 소각 처분된 양이 791천톤(약 19.0%), 매립 처분된 양이 640천톤(15.4%)순으로 나타남
- 2014년 이후 재활용처분방법 중 비료화처분방법과 건조를 이용한 처분방법이 등장하여 이를 이용한 처분량이 증가하고 있음

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

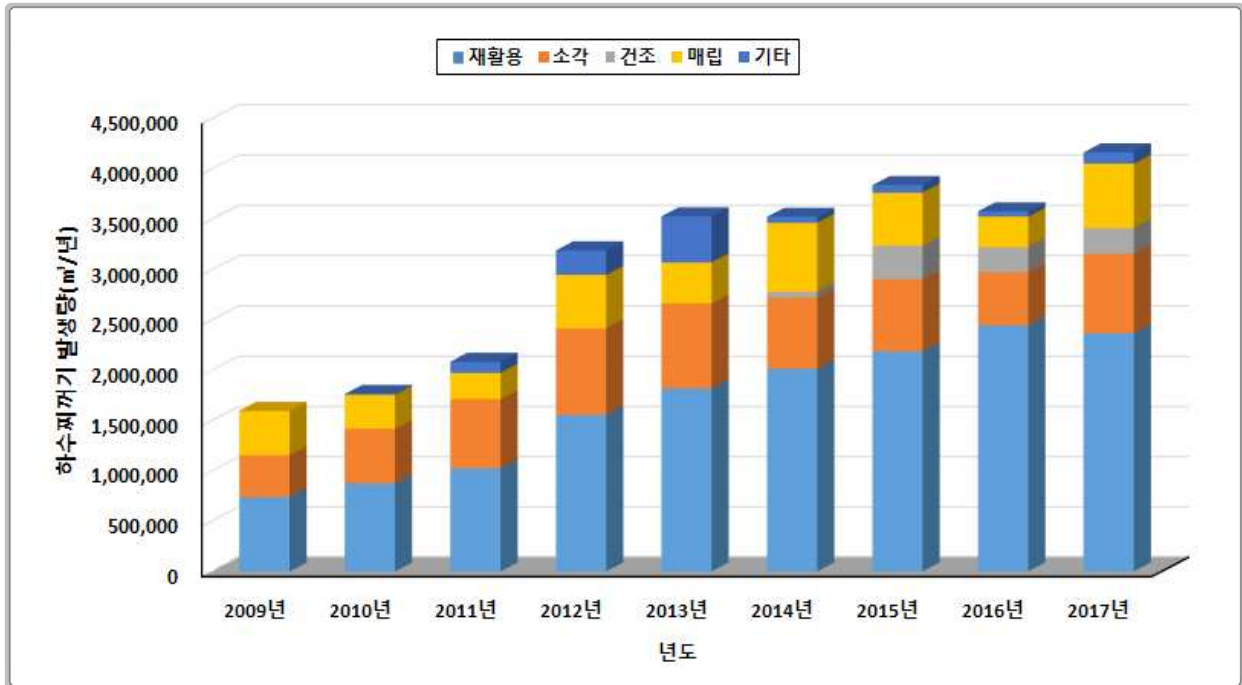
제 10 장

<국내 하수처리시설 최종하수처리처리 처분현황>

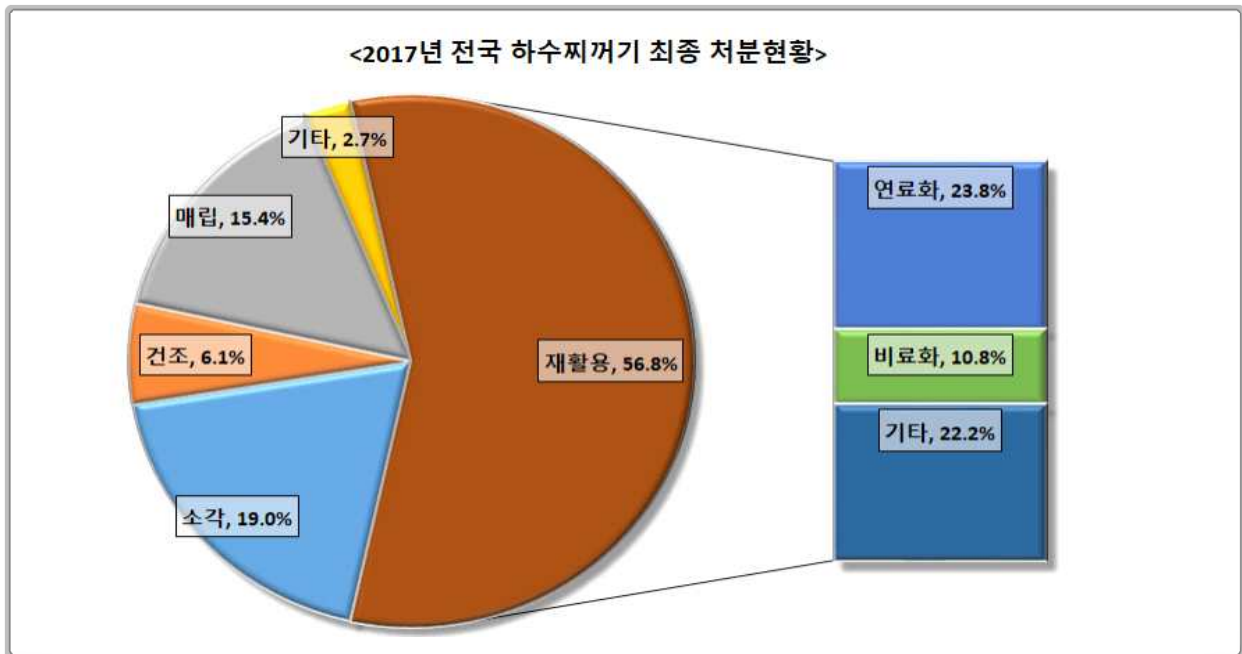
(단위 : 톤/년)

년도	처리 시설 (개소)	발생량	처리량 (계)	재활용				소 각	건 조	매 립	기 타	미처 분량 (이월분)
				소 계	연료화	비료화	기 타					
2009	433	1,600,259	1,596,766	739,746	-	-	739,746	416,246	-	440,774	-	3,493
			100.0%	46.3%			46.3%	26.1%		27.6%		
2010	570	1,765,944	1,765,944	874,029	238,710	-	635,319	544,580	-	337,954	9,381	-
			100.0%	49.5%	13.5%		36.0%	30.8%		19.1%	0.5%	
2011	505	2,085,644	2,085,137	1,025,578	223,271	-	802,307	687,879	-	261,267	110,413	507
			100.0%	49.2%	10.7%		38.5%	33.0%		12.5%	5.3%	
2012	546	3,209,839	3,193,131	1,555,959	322,405	-	1,233,554	861,546	-	531,112	244,514	16,708
			100.0%	48.7%	10.1%		38.6%	27.0%		16.6%	7.7%	
2013	569	3,531,237	3,529,953	1,819,014	349,670	-	1,469,344	846,253	-	406,574	458,112	1,284
			100.0%	51.5%	9.9%		41.6%	24.0%		11.5%	13.0%	
2014	597	3,532,688	3,527,106	2,015,092	887,680	234,111	893,301	709,560	56,831	683,755	61,868	5,582
			100.0%	57.1%	25.2%	6.6%	25.3%	20.1%	1.6%	19.4%	1.8%	
2015	328	3,846,686	3,842,284	2,188,979	792,744	425,043	971,192	719,561	329,486	527,133	77,125	4,402
			100.0%	57.0%	20.6%	11.1%	25.3%	18.7%	8.6%	13.7%	2.0%	
2016	307	3,581,357	3,580,888	2,447,516	730,185	1,100,733	616,598	528,193	249,151	302,662	53,366	469
			100.0%	68.3%	20.4%	30.7%	17.2%	14.8%	7.0%	8.5%	1.5%	
2017	581	4,166,889	4,166,549	2,368,668	993,457	451,505	923,706	790,882	254,004	640,210	112,785	340
			100.0%	56.8%	23.8%	10.8%	22.2%	19.0%	6.1%	15.4%	2.7%	

주)하수도통계 (해당연도, 환경부)



<처리방법에 따른 연도별 하수처리량 처리현황>



<2017년 국내 하수처리량 처리현황>

1.2.2 인천광역시 하수처리량 처리·처분현황

- 2017년 기준 인천광역시 하수처리량 처분현황을 조사한 결과 약 75%에 해당하는 105,196톤을 매립 하였으며, 이는 전국평균 15.4%에 비해 높은 비중을 나타내고 있음
- 처분방법 중 전국에서 가장 높은 비중을 나타내고 있는 재활용은 56.8%인데 반해 인천광역시의 경우 17.2%로 낮게 나타났음

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

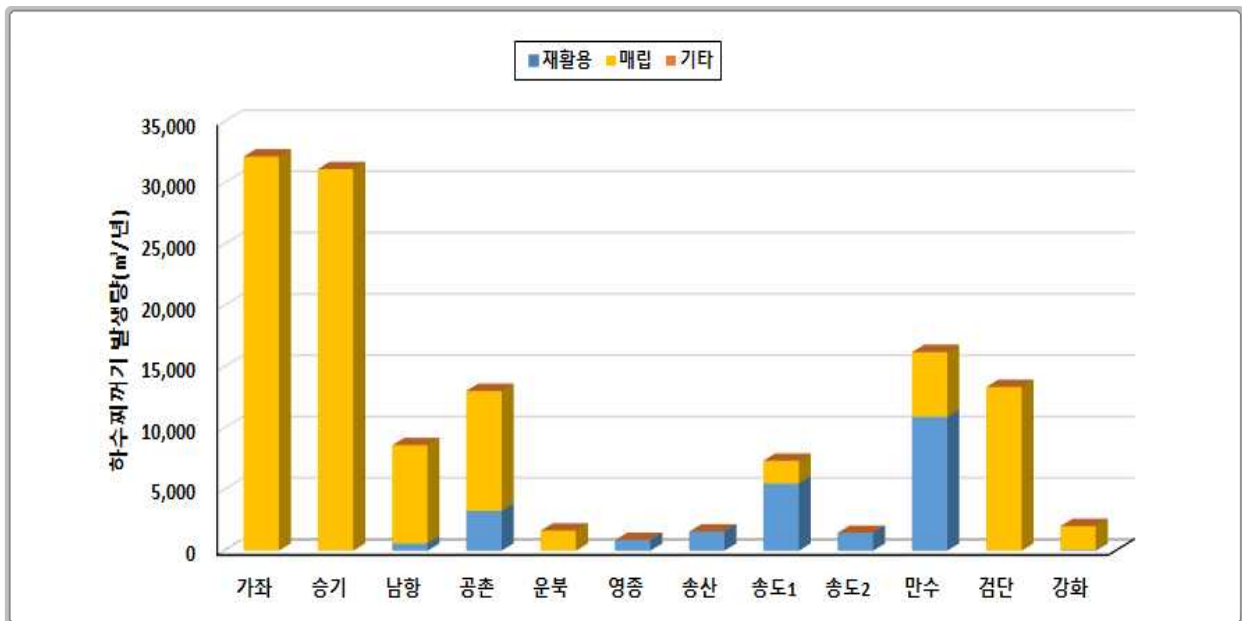
- 인천광역시의 하수찌꺼기 재활용율은 전국 평균에 비해 낮은 편이지만 도시지역에서 발생하는 하수찌꺼기 중 성분분석을 통해 부숙토 원료기준에 부합하는 하수찌꺼기는 부숙토로 재활용하고 있는 것으로 파악됨

<인천광역시 하수처리시설 하수찌꺼기 처분현황>

(단위 : 톤/년)

구 분	시설용량 (m ³ /일)	유입하수량 (m ³ /일)	처리량 (계)	재활용				소 각	건 조	매 립	기 타
				소 계	연료화	비료화 (부숙화)	기 타				
합 계	1,109,000	759,554	140,640	24,202	512	7,484	16,206	—	11,242	105,196	—
			100%	17.2%	0.4%	5.3%	11.5%	—	8.0%	74.8%	
가좌	350,000	231,784	36,245	—	—	—	—	—	4,088	32,157	—
승기	275,000	231,002	36,026	—	—	—	—	—	4,891	31,135	—
남항	125,000	87,707	9,855	584	—	584	—	—	1,241	8,030	—
공촌	65,000	48,611	14,053	3,249	—	3,103	146	—	1,022	9,782	—
운북	23,000	6,178	1,643	—	—	—	—	—	—	1,643	—
영종	24,000	3,900	876	876	—	876	—	—	—	—	—
송산	30,000	6,252	1,570	1,570	—	1,570	—	—	—	—	—
송도1	30,000	24,521	7,337	5,475	73	—	5,402	—	—	1,862	—
송도2	68,000	6,573	1,461	1,461	183	1,278	—	—	—	—	—
만수	70,000	67,863	16,207	10,914	256	—	10,658	—	—	5,293	—
검단	40,000	38,103	13,359	—	—	—	—	—	—	13,359	—
강화	9,000	7,060	2,008	73	—	73	—	—	—	1,935	—

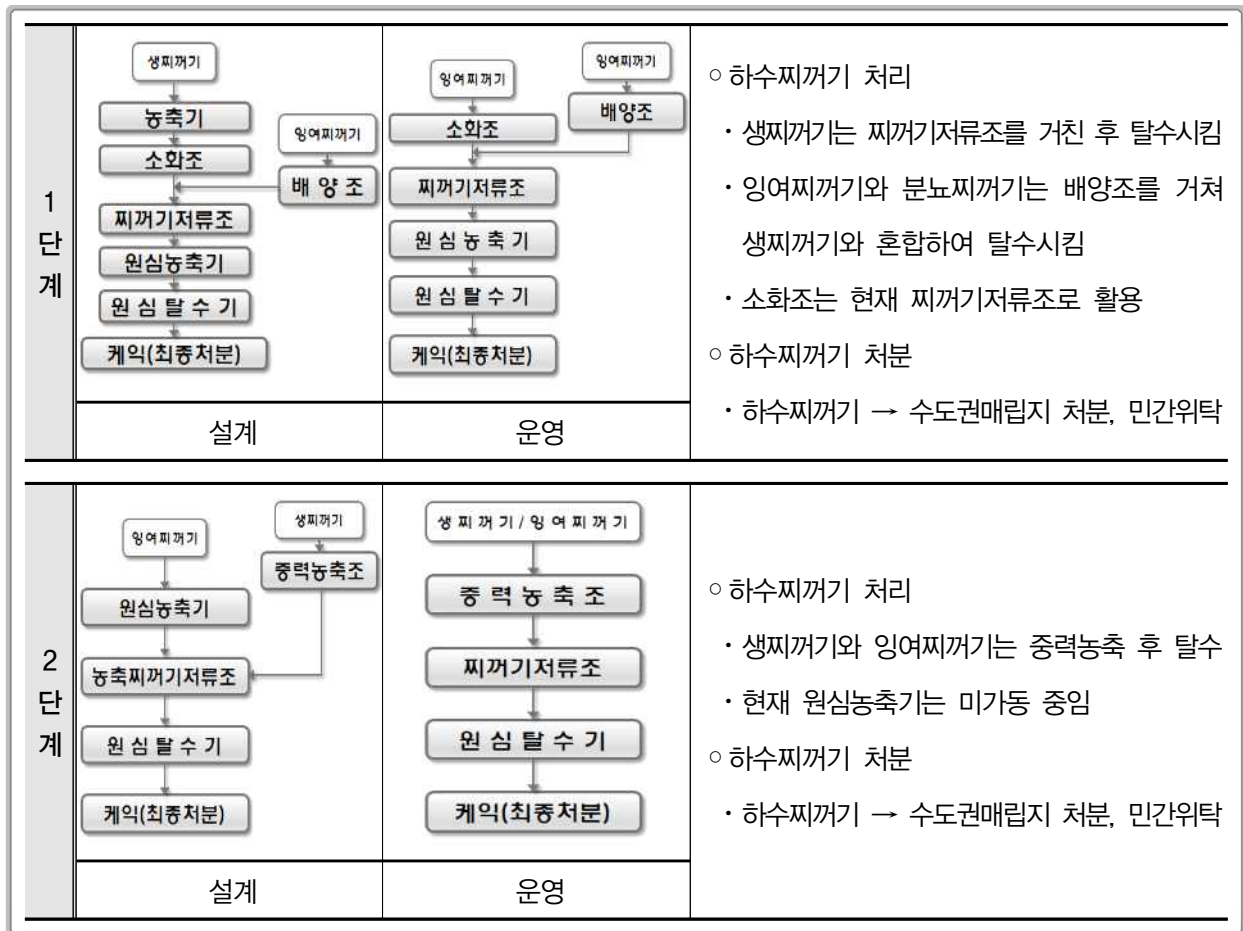
주)하수도통계 (2017년, 환경부)



<처리시설별 하수찌꺼기 발생현황(2017년)>

가. 가좌하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

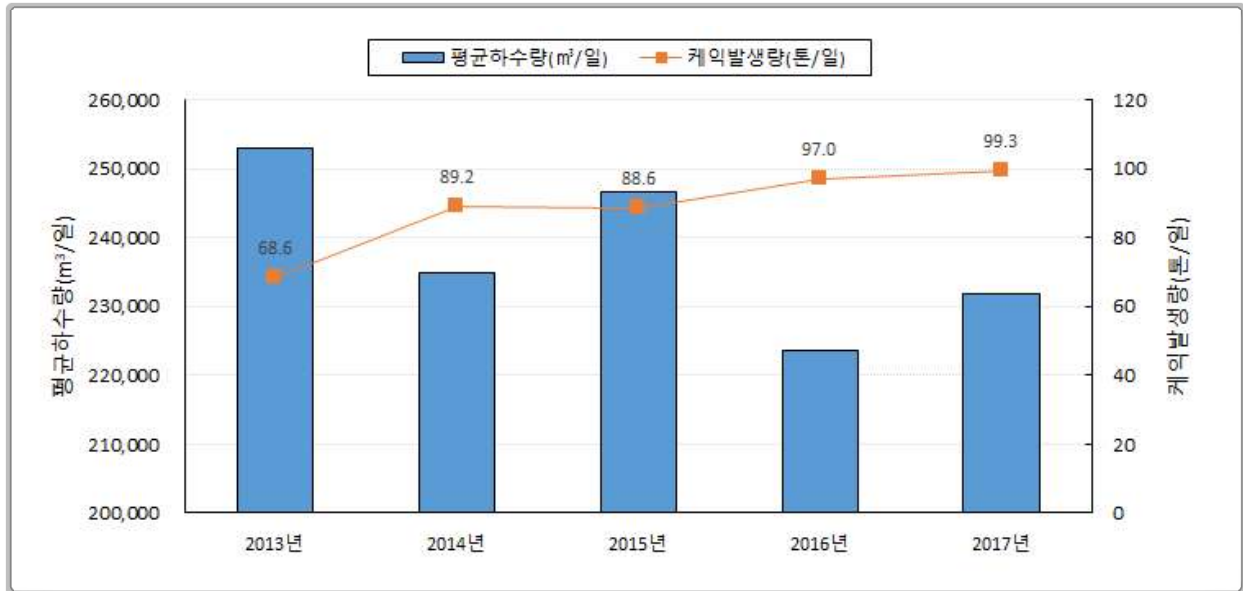


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	350,000	231,784	99.3	0.00043
2016년	350,000	223,659	97.0	0.00043
2015년	350,000	246,704	88.6	0.00036
2014년	350,000	234,981	89.2	0.00038
2013년	350,000	252,968	68.6	0.00027

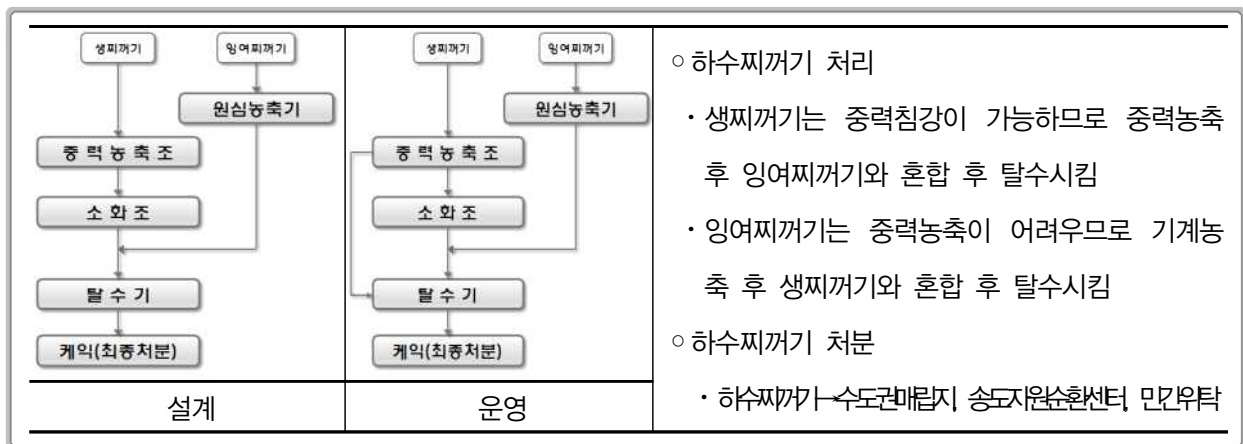
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

나. 승기하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

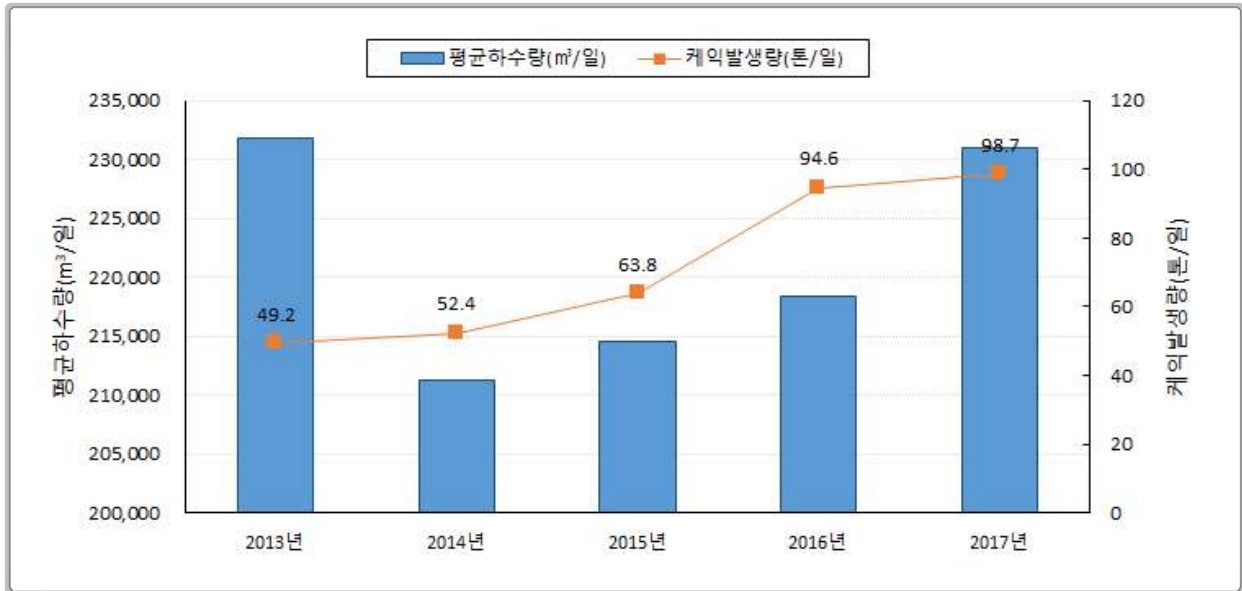


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	275,000	231,002	98.7	0.00043
2016년	275,000	218,419	94.6	0.00043
2015년	275,000	214,543	63.8	0.00030
2014년	275,000	211,197	52.4	0.00025
2013년	275,000	231,858	49.2	0.00021

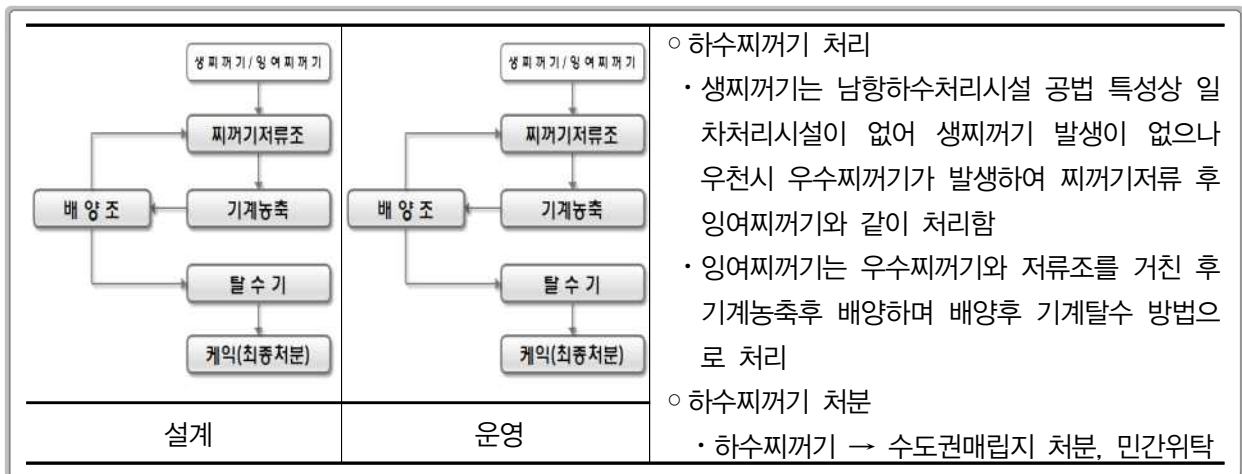
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

다. 남향하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

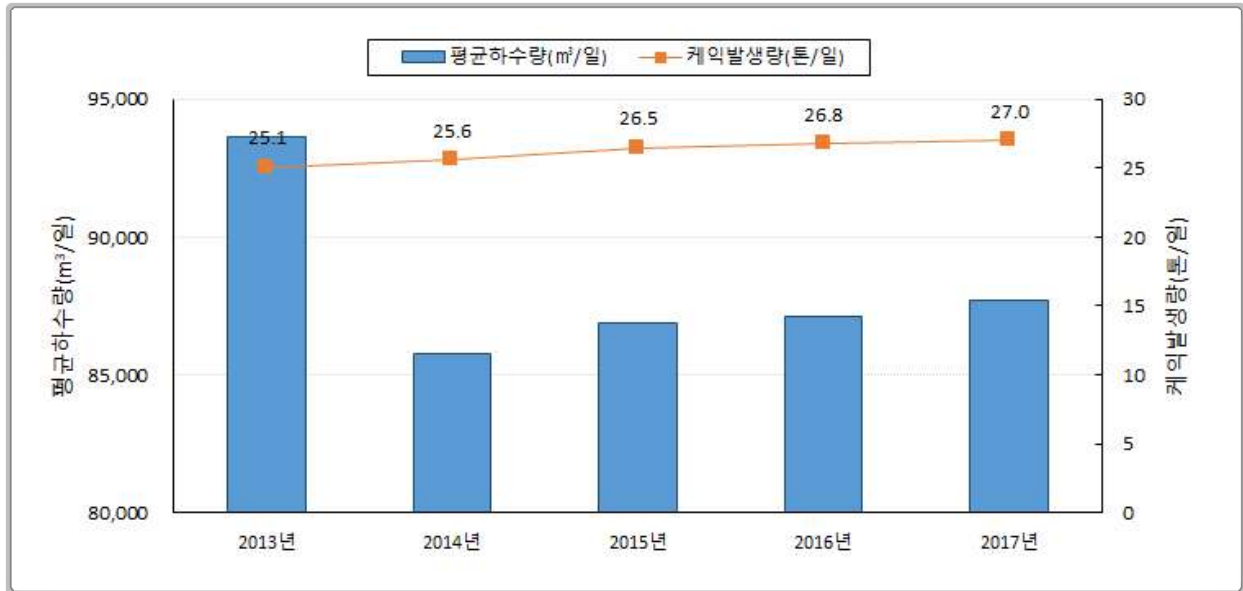


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	125,000	87,707	27.0	0.00031
2016년	125,000	87,117	26.8	0.00031
2015년	125,000	86,866	26.5	0.00031
2014년	125,000	85,774	25.6	0.00030
2013년	125,000	93,613	25.1	0.00027

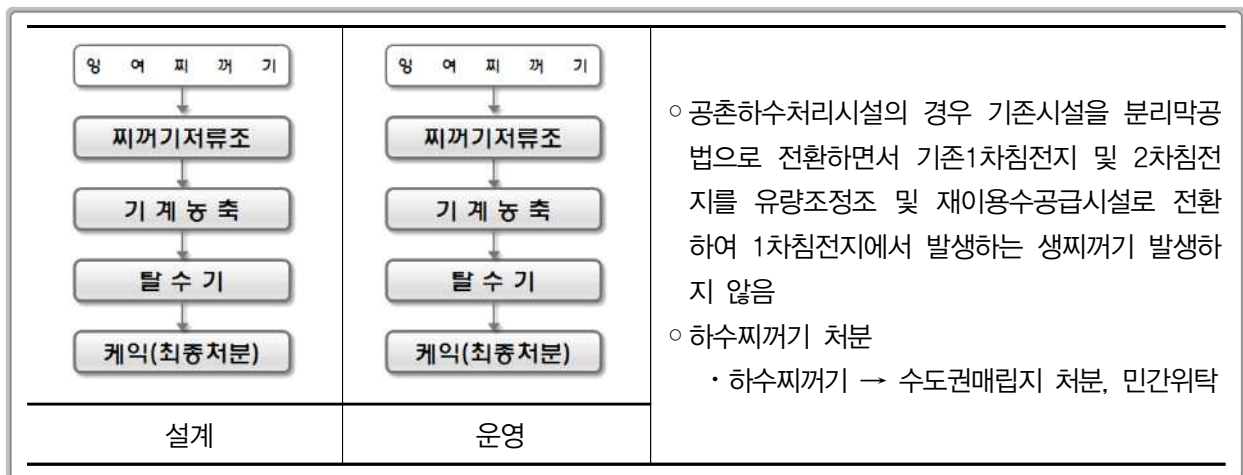
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

라. 공존하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

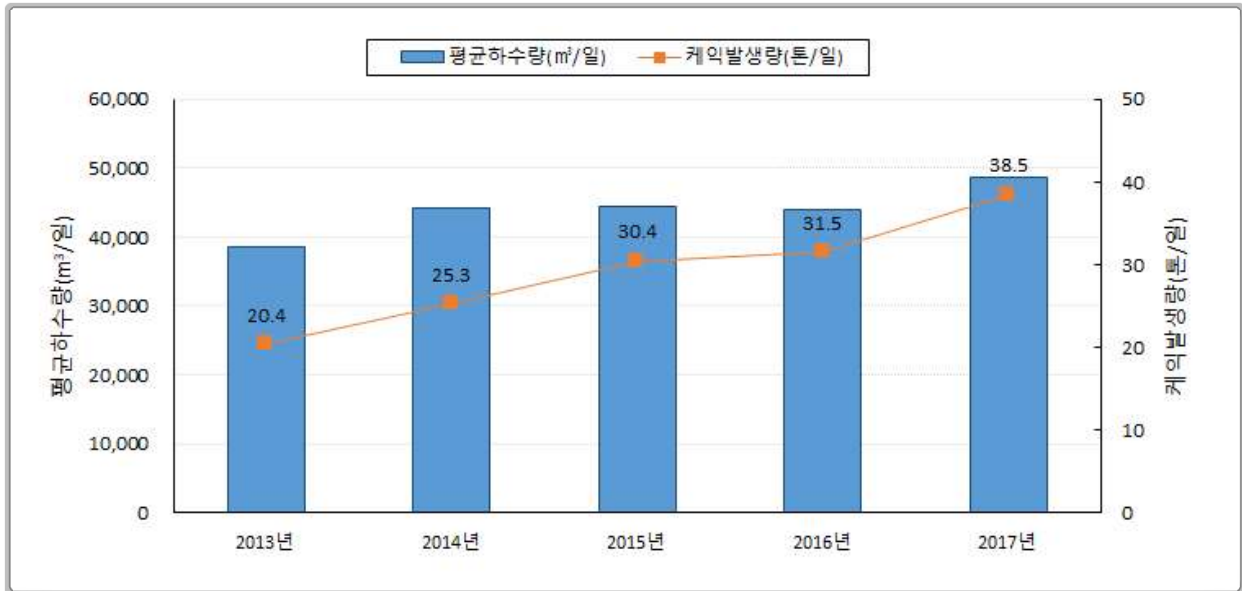


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	65,000	48,611	38.5	0.00079
2016년	65,000	44,087	31.5	0.00071
2015년	65,000	44,429	30.4	0.00068
2014년	65,000	44,307	25.3	0.00057
2013년	65,000	38,558	20.4	0.00053

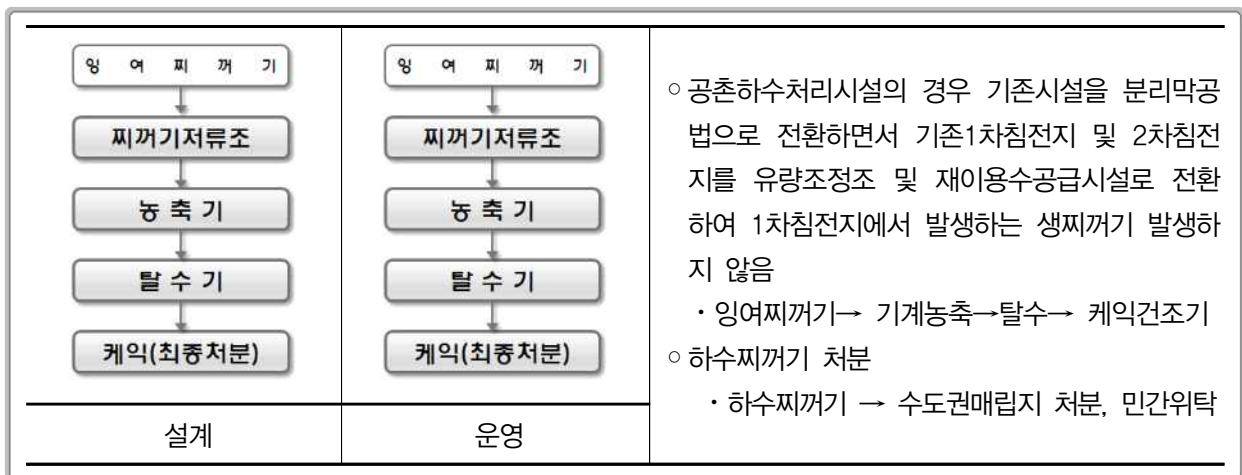
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

마. 운북하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

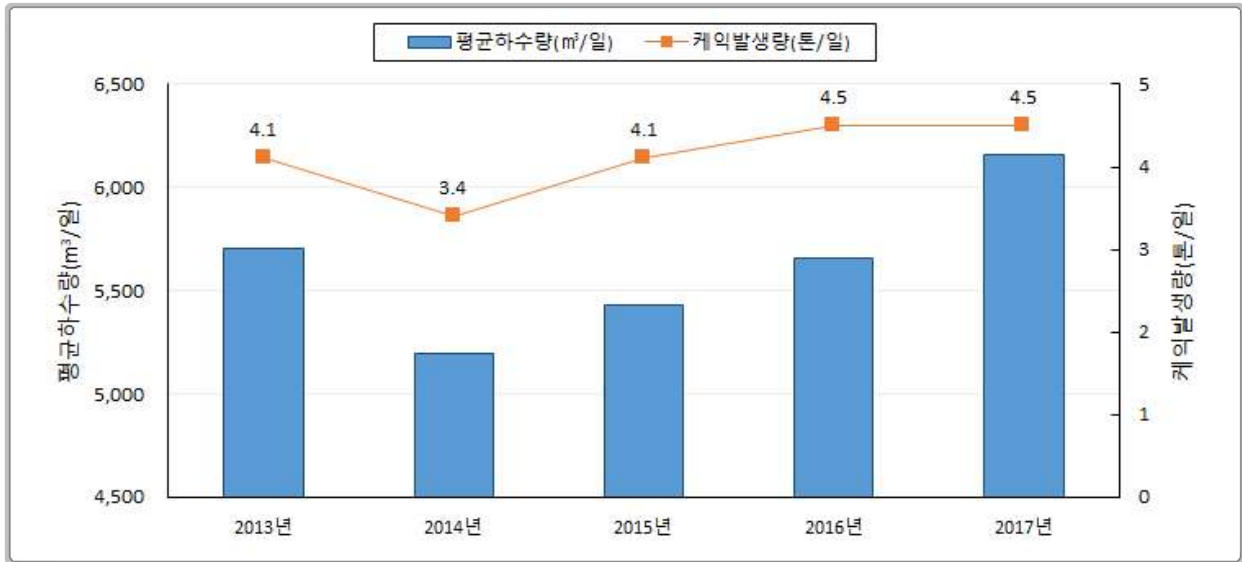


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	23,000	6,178	4.5	0.00073
2016년	23,000	5,661	4.5	0.00079
2015년	23,000	5,431	4.1	0.00075
2014년	23,000	5,193	3.4	0.00065
2013년	23,000	5,707	4.1	0.00072

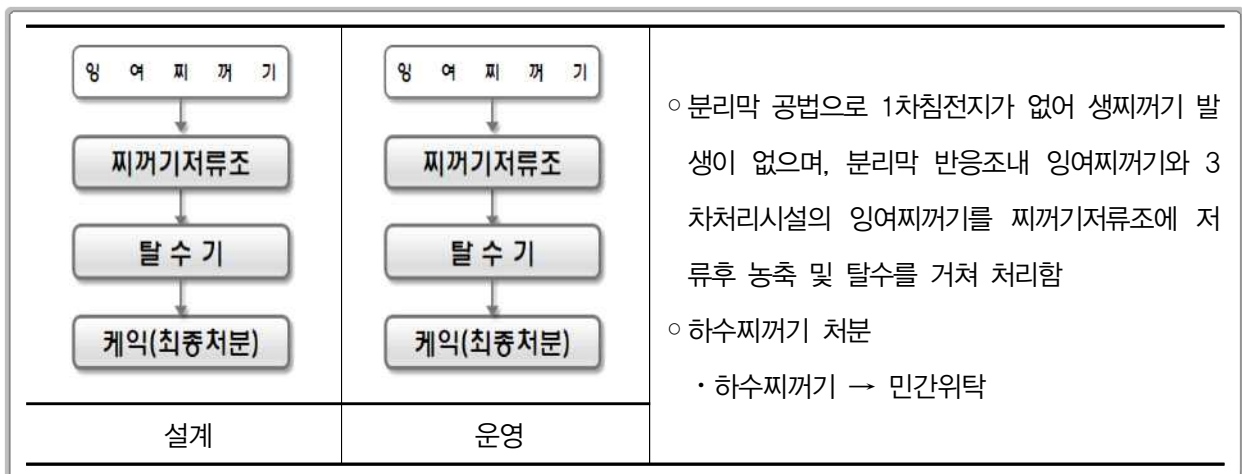
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

바. 영종하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

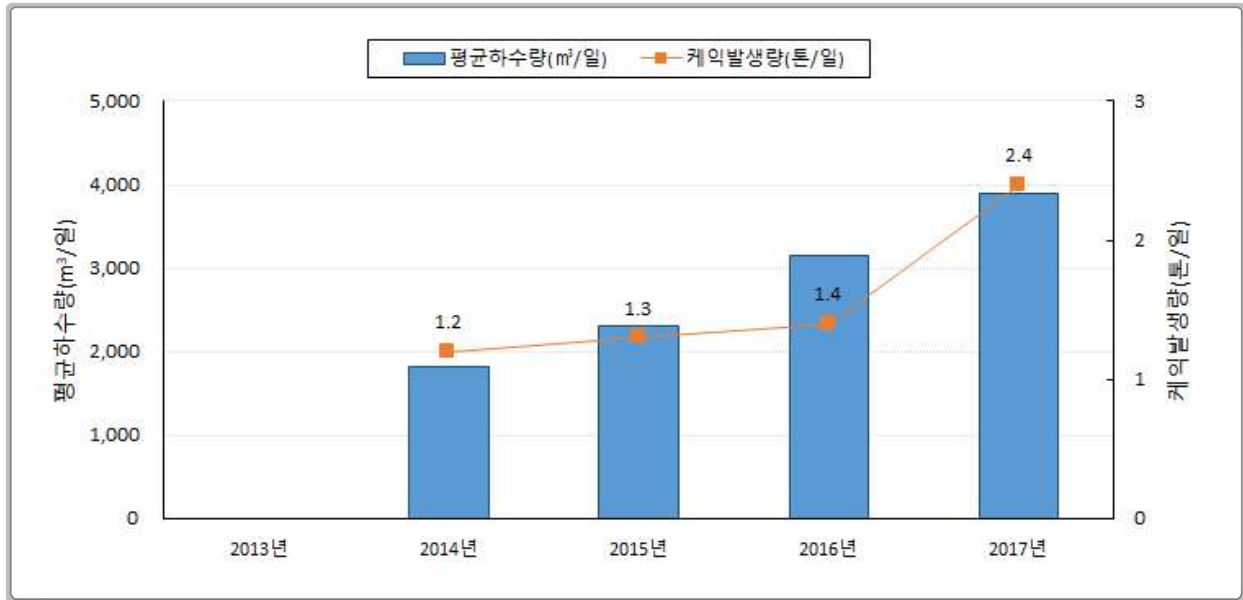


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	24,000	3,900	2.4	0.00062
2016년	24,000	3,149	1.4	0.00044
2015년	24,000	2,300	1.3	0.00057
2014년	24,000	1,813	1.2	0.00066
2013년	—	—	—	—

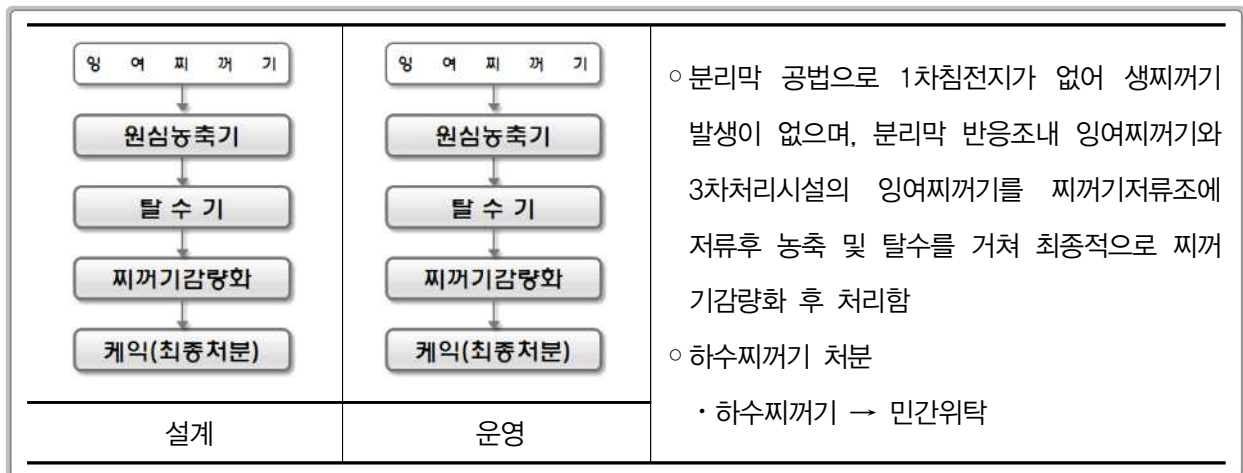
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

사. 송산하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통



2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m³/일)	평균하수량(m³/일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m³)
2017년	30,000	6,252	4.3	0.00069
2016년	30,000	5,178	3.6	0.00070
2015년	30,000	4,550	3.9	0.00086
2014년	-	-	-	-
2013년	-	-	-	-

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

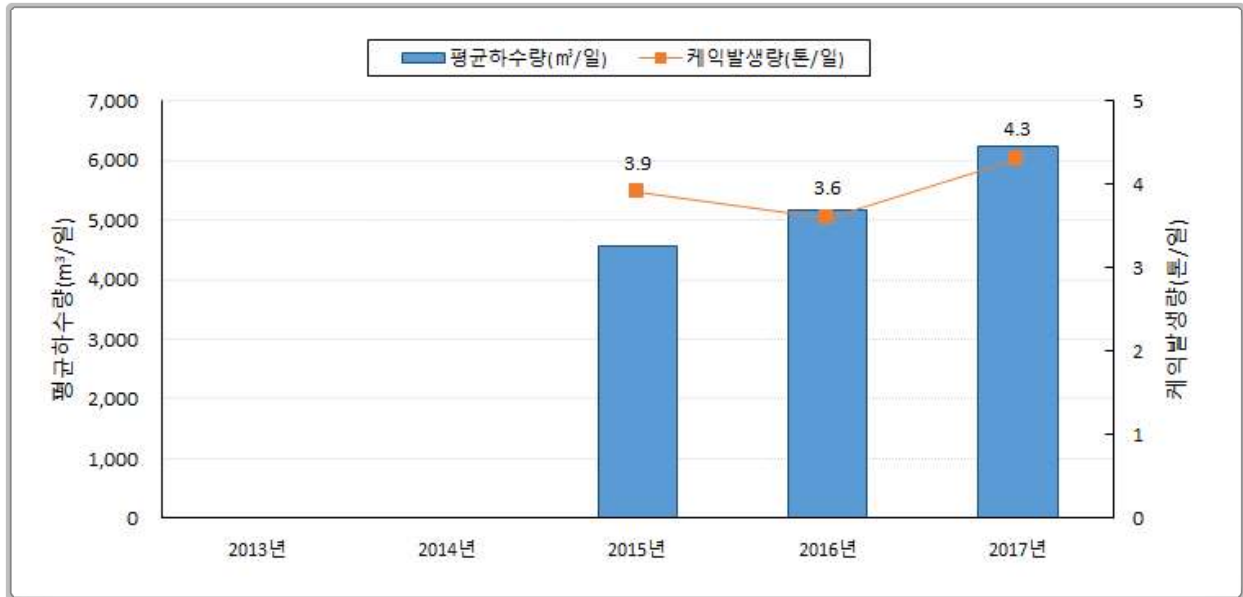
제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장



<하수찌꺼기 발생량 현황>

아. 송도하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통



2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도		시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m ³)
1단계	2017년	30,000	24,521	20.1	0.00082
	2016년	30,000	23,377	20.3	0.00087
	2015년	30,000	21,466	18.4	0.00086
	2014년	30,000	17,561	14.2	0.00081
	2013년	30,000	23,423	19.2	0.00082
2단계	2017년	68,000	6,573	4.0	0.00061
	2016년	68,000	6,331	3.4	0.00054
	2015년	68,000	6,320	3.9	0.00062
	2014년	68,000	6,119	3.2	0.00052
	2013년	—	—	—	—

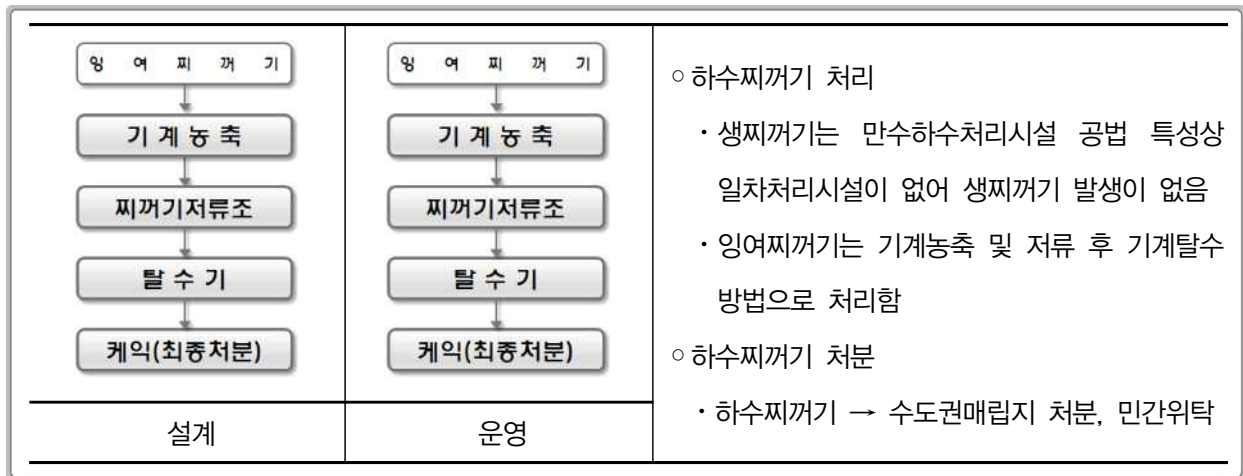
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황(승도1단계<위>, 승도2단계<아래>)>

자. 만수하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

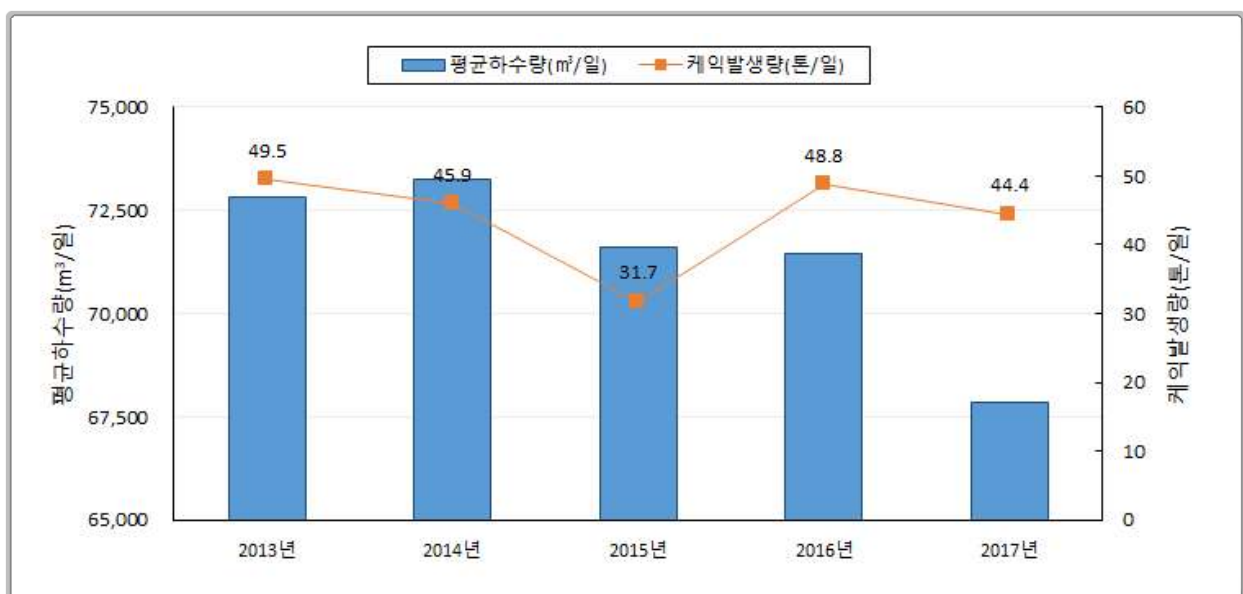


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m ³)
2017년	70,000	67,863	44.4	0.00065
2016년	70,000	71,436	48.8	0.00068
2015년	70,000	71,618	31.7	0.00044
2014년	70,000	73,266	45.9	0.00063
2013년	70,000	72,830	49.5	0.00068

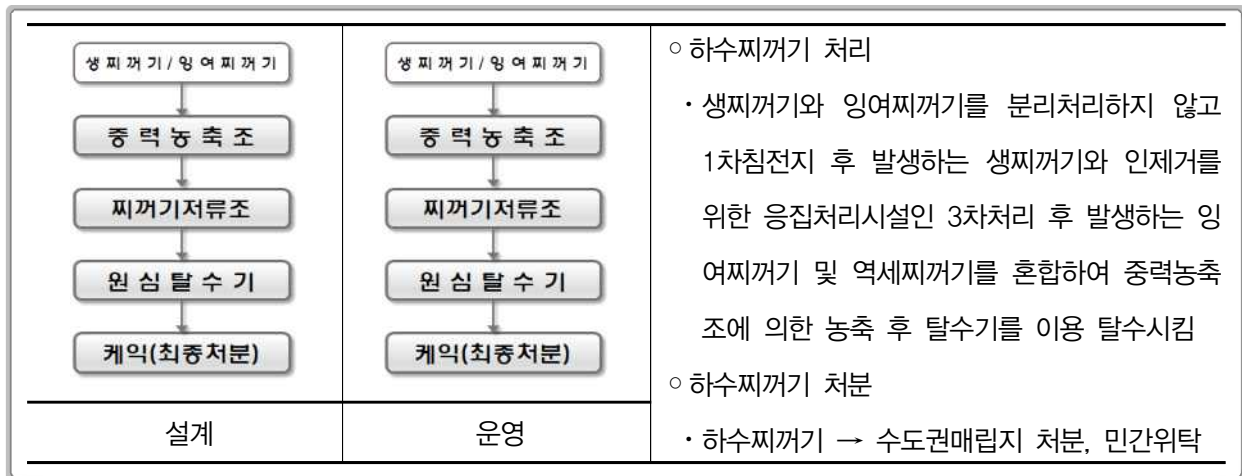
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

차. 검단하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

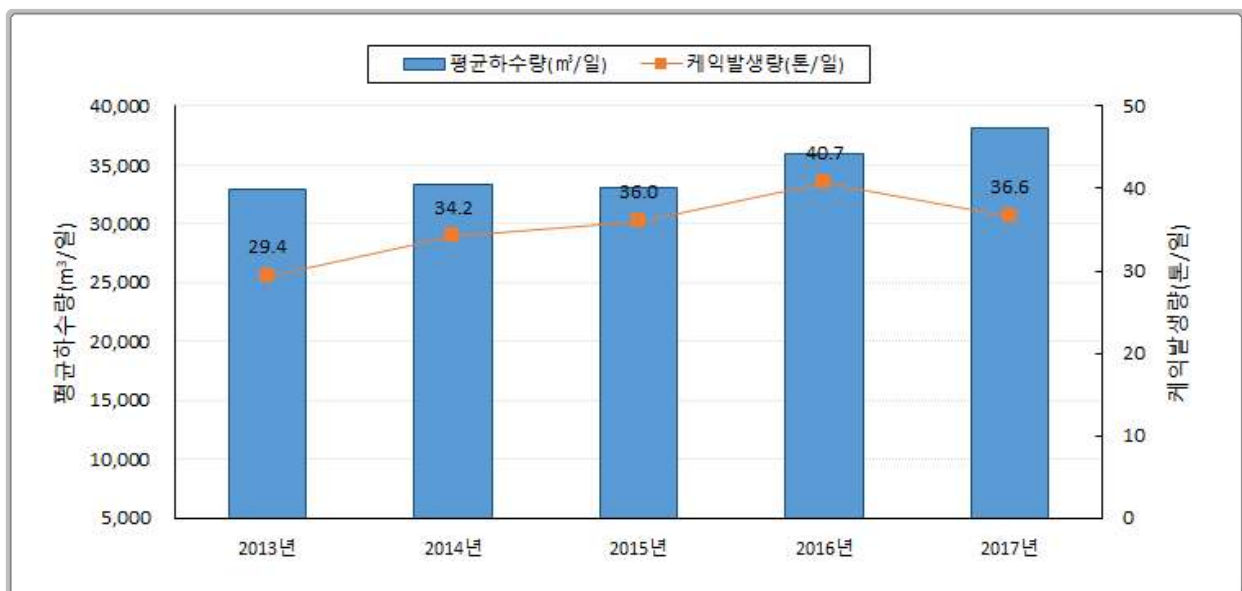


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m ³)
2017년	40,000	38,103	36.6	0.00096
2016년	40,000	35,976	40.7	0.00113
2015년	40,000	33,092	36.0	0.00109
2014년	40,000	33,347	34.2	0.00103
2013년	40,000	32,984	29.4	0.00089

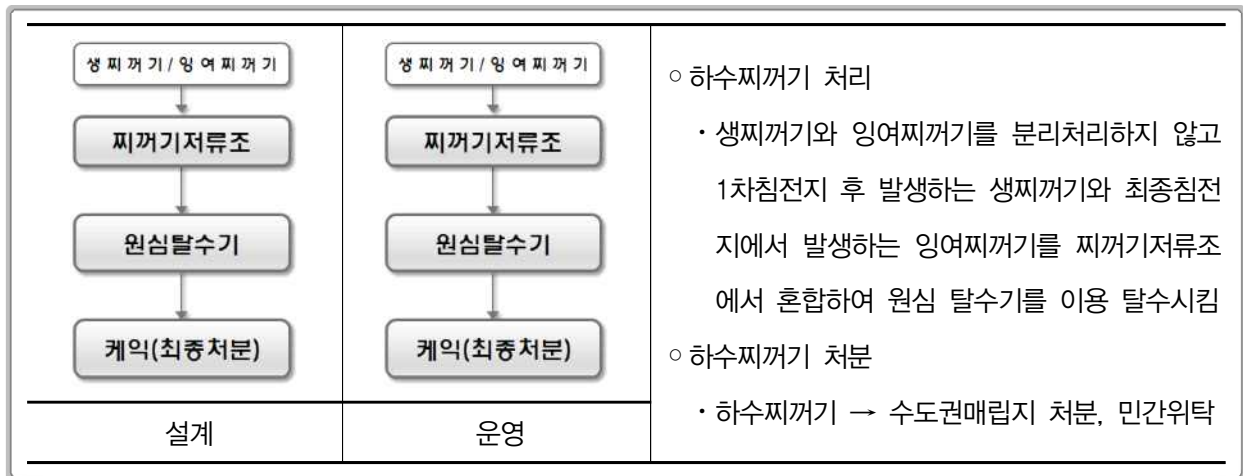
주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

카. 강화하수처리시설

1) 하수찌꺼기 처리계통

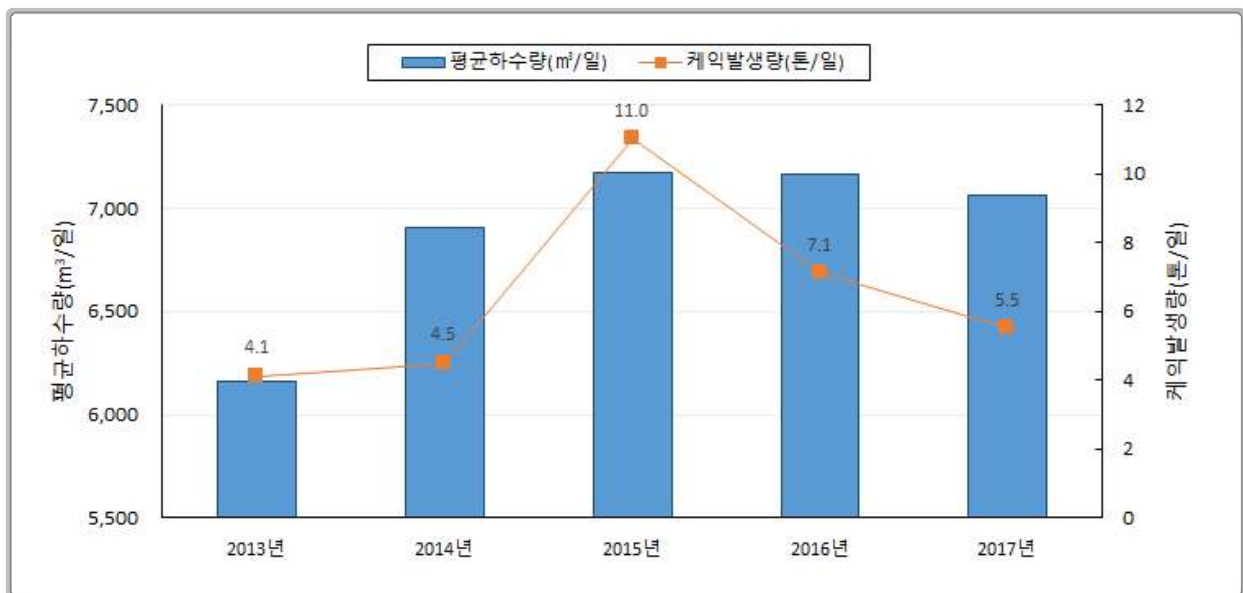


2) 하수찌꺼기 발생량

<하수찌꺼기 발생량 현황>

년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(톤/m ³)
2017년	9,000	7,060	5.5	0.00078
2016년	9,000	7,162	7.1	0.00099
2015년	9,000	7,172	11.0	0.00153
2014년	9,000	6,905	4.5	0.00065
2013년	9,000	6,158	4.1	0.00067

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



<하수찌꺼기 발생량 현황>

1.2.3 인천광역시 하수찌꺼기 처리시설의 주요 개·보수사항 및 빈도

○ 인천광역시 하수찌꺼기 처리시설의 주요 개·보수사항을 조사하여 나타내었음

<하수찌꺼기 처리시설 주요 개보수 현황>

구 분	2015년	2016년	2017년	비 고
가 좌	· 수리내역 없음	· 탈수기 오버홀 · 메인모터 수리 · 폴리머 펌프 수리	· 탈수기 보수공사 · 터치패드 수리 · 슬러지 공급펌프 부품교체	
승 기	· 원심탈수기 부대설비 개선 · 벨트프레스 탈수기 보수 · 약품펌프 보수공사 · 슬러지펌프 수리	· 슬러지펌프 인버터 수리 · 탈수기 컨베이어벨트 교체 · 슬러지펌프 수리 · 이송컨베이어 수리	· 원심탈수기 인버터 수리 · 원심탈수기 PLC통신카드 교체	
남 향	· 수리내역 없음	· 탈수기 오버홀	· 케익이송컨베이어 노후부품 교체공사	
공 촌	· 수리내역 없음	· 탈수기 수리	· 탈수기 분해정비	
운 북	· 탈수기 보강공사 · 유입슬러지 유량계 교체 · 공기압축기 압력 스위치교체	· 탈수기 보강공사	· 탈수기 터치스크린 교체 · 슬러지 공급펌프 교체 · 공기압축기 흡입 토출밸브 교체 · 폴리머 공급펌프 다이어램 교체	
영 중	· 수리내역 없음	· 슬러지 투입유량계 구입설치 · 탈수기 차속 벨트교체 · 슬러지공급펌프 전동기정비	· 탈수기 컨트롤러 교체정비 · 탈수기 메인 인버터 구입설치 · 탈수기 분해 정비공사 · 탈수기 소모성 부품 예방정비 · 공기압축기 압력스위치 및 솔밸브 교체 · 공기압콘베이어 동밸브 교체 · 폴리머공급펌프인버터교체	
송 산	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	
송도1	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	
송도2	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	
만 수	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	
검 단	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	· 수리내역 없음	
강 화	· 원심탈수기 노후부품 교체 · 슬러지공급펌프 수리 · 원심탈수기 노후부품 교체	· 원심탈수기 인버터 교체 · 슬러지공급펌프 수리 · 원심탈수기 기존계 주요부품교체	· 수리내역 없음	

주) 자료 : 처리시설별 수집자료

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

1.3 하수처리기의 발생특성 및 성상

1.3.1 인천광역시 하수처리 발생량

○ 2017년 기준 인천광역시의 연간 하수처리 발생량은 140,638톤/년으로 매년 증가하고 있으며, 하수 처리량 1m³당 하수처리 발생량은 다음과 같음

<하수처리 발생량>

구 분	하수 1m ³ 당 처리 발생량 (kg/m ³)	2017년 유입하수량 (m ³ /일)	하수처리 발생량(톤/년)				
			2017년	2016년	2015년	2014년	2013년
계	0.507	759,554	140,638	138,456	120,891	109,173	98,406
가 좌	0.428	231,784	36,245	35,405	32,339	32,558	25,039
승 기	0.427	231,002	36,026	34,449	23,287	19,126	17,958
남 향	0.308	87,707	9,855	9,738	9,673	9,344	9,162
공 촌	0.792	48,611	14,053	11,479	11,096	9,235	7,446
운 북	0.728	6,178	1,643	1,650	1,497	1,241	1,497
영 종	0.615	3,900	876	515	475	438	—
송 산	0.688	6,252	1,570	1,318	1,424	—	—
송 도	0.775	31,094	8,797	8,632	8,140	6,351	7,008
만 수	0.654	67,863	16,206	17,827	17,995	16,754	18,068
검 단	0.961	38,103	13,359	14,837	13,140	12,483	10,731
강 화	0.779	7,060	2,008	2,606	1,825	1,643	1,497

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)

1.3.2 인천광역시 하수찌꺼기의 유기물 함량

○ 인천광역시의 최근 3년간 하수찌꺼기의 유기물 함량을 조사하여 표에 나타내었음

<하수찌꺼기 유기물 함량>

(단위 : %)

구 분	2015년		2016년		2017년		비 고
	TS	VS	TS	VS	TS	VS	
평 균	19.9	65.6	19.9	68.5	19.8	70.8	
가 좌	20.1	65.1	20.2	62.9	21.9	63.2	
승 기	22.3	60.1	21.8	65.0	20.5	65.6	
남 향	21.8	54.5	22.2	57.0	21.7	63.2	
공 촌	17.4	—	18.0	—	18.0	—	
운 북	18.8	—	17.9	—	18.4	—	
영 중	18.6	—	18.4	—	18.6	—	
송 산	18.1	—	17.3	—	16.1	—	
송도1	24.9	—	25.4	—	25.2	—	
송도2	19.6	70.1	19.5	71.8	19.1	72.1	
만 수	18.3	78.7	18.6	78.3	19.0	80.5	
검 단	19.9	65.6	19.9	68.5	19.8	70.8	
강 화	19.1	64.9	19.3	76.0	19.5	80.4	

주) 자료 : 처리시설별 수집자료

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

1.3.3 인천광역시 하수찌꺼기의 성분분석

- 2017년 기준 인천광역시 자체 하수찌꺼기 내 성분을 분석한 결과 전체 하수처리시설에서 카드뮴, 구리 등 중금속이 전체적으로 검출 되었으며, 산업단지가 산재하는 지역특성으로 인한 결과라 판단됨
- 중금속 함량이 많은 경우는 하수찌꺼기 재이용시 주의하여야 함

<하수찌꺼기 성분분석>

(단위 : mg/kg)

구분	가좌	승기	남항	공촌	운북	영종	송산	송도1	송도2	만수	강화
카드뮴	17.9	3.33	1.08	0.63	0.56	ND	0.52	0.72	0.51	ND	0.43
구리	5000.7	3160.1	163.5	187.8	634.0	504.5	422.5	146.6	243.0	288.16	167.6
비소	4.5	2410	2.7	2.48	1.13	1.84	0.69	ND	0.36	5.78	1.37
수은	0.23	0.33	0.25	0.28	0.32	0.27	0.26	ND	0.28	ND	0.37
납	93.6	38.9	32.3	14.6	4.3	ND	ND	5.07	17.3	17.09	9.2
6가크롬	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10.11	ND
아연	11165.8	2988.7	619.9	542.7	614.3	516.9	645.2	215.0	347.1	579.92	487.6
니켈	755.3	1098.1	42.6	36.2	28.6	22.2	45.9	ND	24.2	ND	27.4
불소	726	713	365.	86	138	280	439.0	ND	132.0	ND	317
유기인 화합물	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PCB	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안	1.5	ND	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	1.1	47.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸 벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TPH	1459	1451	1484	298	2691	1108	3442	ND	1155	ND	707
TCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

주) 자료 : 각 공공하수처리시설 자체조사

1.3.4 인천광역시 하수찌꺼기 처리시설 현안

- 현재 인천광역시의 대부분 하수찌꺼기는 수도권 3개 시·도(인천광역시, 서울시, 경기도)가 수도권매립지에 건설하여 운영 중인 「하수슬러지 자원화시설」에서 처리 중에 있다.
- 각 하수처리시설의 현장조사, 담당자 면담 및 기술진단을 통한 운영 실태를 조사한 결과 대부분의 처리장에서 다음과 같은 이유 등으로 슬러지의 장기적체를 문제점으로 들 수 있었다.
 - 「하수슬러지 자원화시설」의 적은 허가반입량의 문제
 - 우천, 휴일 등 「하수슬러지 자원화시설」의 반입불가
 - 시설처리장의 단가상승문제 및 최종제품에 대한 수요처 불투명

구 분	하수찌꺼기 처분계획방향
단기대책	<ul style="list-style-type: none"> · 기존하수찌꺼기 처리시설 최대한 활용 · 각 처리장별 노후된 찌꺼기 처리시설 개보수(농축기, 탈수기, 소화조 개보수 및 오버홀) · 에너지 자립화 및 하수찌꺼기 안정화를 위한 소화조 설치 및 효율개선 사업 수행 · 각 처리장별 함수율 개선사업 수행
장기대책	<ul style="list-style-type: none"> · 시설처리장과의 지속적 계약체결 및 시설처리장의 최종제품 수요처 확보 · 하수찌꺼기 농축공정 및 소화조 등 하수찌꺼기 감량화 공정 신설 · 기존 찌꺼기 시설 노후에 따른 하수찌꺼기 처리시설 전환 및 신설 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 고비용, 고에너지 처리구조(건조, 소각시설) → 저비용·저에너지 하수찌꺼기 재활용 처리시설 도입 지향

<하수찌꺼기 처리시설 운영상 문제점>

구 분	문 제 점	대 책 방 안
가 좌	<ul style="list-style-type: none"> · 수도권매립지(최종처분)의 허가 반입량이 적음 · 우천, 휴일 등 반입하지 못하는 경우가 많음 → 처리장 내 하수찌꺼기 적체로 인해 전반적인 수처리 및 하수찌꺼기처리계통에 악영향 	<ul style="list-style-type: none"> · 수도권매립지 외 타 민간처리기관 활용 · 탈수찌꺼기량을 증가시켜 원활한 하수찌꺼기 처리 · 하수찌꺼기 발생량 감소를 위한 하수찌꺼기 감량화 → 현재 미가동 중인 소화조의 정상운영 필요
승 기	<ul style="list-style-type: none"> · 장기간 적체된 하수찌꺼기로 인한 공정운영의 어려움 · 반류수의 부하량이 높아 공정 관리의 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 적체 하수찌꺼기의 외부 반출의 지속적 시행하여 전체 공정 부하의 경감이 필요 · 미가동 일부시설의 정상가동 및 노후시설 보수 및 개체로 시설운영 정상화 가능
남 향	<ul style="list-style-type: none"> · 수도권매립지의 배정량 및 기상개항에 따른 하수찌꺼기 반출의 문제점 	<ul style="list-style-type: none"> · 하수찌꺼기 발생량을 사전 예측하여 공정 내 MLSS 농도 관리 철저 · 탈수기의 함수율 개선으로 외부 처리량 증대
공 촌	<ul style="list-style-type: none"> · 계절적 요인에 따라 하수찌꺼기의 발생량 증감 	<ul style="list-style-type: none"> · 하수찌꺼기의 함수율이 설계기준보다 다소 높음 → 탈수시설의 함수율 관리 필요
운 북	<ul style="list-style-type: none"> · 하수찌꺼기의 함수율은 높고(82.6%), 고형물회수율은 설계에 비해 약간 낮은 수준(65%/98%) 	<ul style="list-style-type: none"> · 탈수를 위한 폴리머 주입이 설계대비 60%수준 폴리머 주입량을 증가시켜 고형물회수율 개선가능
송 도	<ul style="list-style-type: none"> · 농축조의 유입 고형물 부하가 설계보다 낮음 → 고형물회수율이 설계기준보다 낮게 유지 · 하수찌꺼기의 함수율이 설계기준보다 다소 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 생찌꺼기 발생량 및 농도의 주기적 조사를 통해 인발주기 결정 · 탈수시설의 함수율 관리 필요
만 수	<ul style="list-style-type: none"> · 농축탈수와 직탈수에 대한 하수찌꺼기의 함수율이 상이함 (직탈수 76.7%, 농축탈수 83.1%) 	<ul style="list-style-type: none"> · 현장 운영여건을 고려하여 하수찌꺼기 함수율의 장점이 있는 직탈수로 공정변경 필요
강 화	<ul style="list-style-type: none"> · 하수찌꺼기의 함수율이 설계대비 높음(89.6%/78%) · 탈수여액 수질의 설계기준 초과 	<ul style="list-style-type: none"> · 탈수시설의 함수율 관리 필요 · 탈수기 점검을 통해 공정의 정상화 및 탈수기 증설에 대한 검토 필요

주) 자료 : 각 하수처리시설 기술진단(해당연도, 한국환경공단)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

1.3.5 국내 하수찌꺼기의 특성 및 문제점

가. 국내 하수찌꺼기 종류별 특성 및 처리시 문제점

- 국내 하수처리공정에서 발생하는 하수찌꺼기의 종류별 특성 및 고형물 농도는 다음과 같으며
최종 탈수 후 찌꺼기 고형물 농도는 최대 40%에서 최소 20%임

<하수찌꺼기의 특성 및 고형물 농도>

찌꺼기 종류	특 성	고형물 농도
생찌꺼기	<ul style="list-style-type: none"> 1차 침전지에서 침전 후 발생하는 찌꺼기 회색, 점착성, 심한 악취 	4.0 ~ 10.0
잉여찌꺼기 (2차찌꺼기)	<ul style="list-style-type: none"> 수처리공정(폭기)을 거쳐 2차침전지에 침전된 찌꺼기 찌꺼기의 비중이 가벼워 원심농축을 시킬 경우 효율 좋음 갈색, 흙냄새, 단독 또는 생찌꺼기와 혼합하여 소화 가능 	0.8 ~ 2.5
혼합찌꺼기	<ul style="list-style-type: none"> 생찌꺼기와 잉여찌꺼기의 혼합 농축 전 분배조에 혼합 시 생성 	0.5 ~ 1.5
농축찌꺼기	<ul style="list-style-type: none"> 생 · 잉여 · 혼합찌꺼기를 농축조에서 감량시킨 찌꺼기 	2.0 ~ 8.0
소화찌꺼기	<ul style="list-style-type: none"> 혐기성 또는 호기성 소화에서 농축 분해된 찌꺼기(대부분 혐기성 소화) 암갈색 내지 흑갈색으로 다량의 가스 포함 소화 후 악취발생이 없고, 찌꺼기가 건조되면 가스는 날아가고 양토화 됨 	2.5 ~ 7.0
탈수찌꺼기	<ul style="list-style-type: none"> 찌꺼기 함수량 감소 운반과 소각, 최종처분을 용이하게 하기 위함 	20 ~ 40

주) 자료 : 하수찌꺼기 처리 및 자원화 방안(2005, 환경관리공단)

- 하수처리시설에서 발생하는 잉여찌꺼기는 유기물을 이용하여 성장한 미생물의 세포로 구성되어 있음
○ 세포의 특성상 쉽게 분해되지 않고 소화조에서의 감량화율도 낮아 처리에 많은 문제점을 내포함

<하수찌꺼기 처리 시 일반적 문제점 및 대책>

문 제 점	내 용	대 책
찌꺼기 농축조의 효율 저하	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 2~3%, 설계 시 5%로 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 균등배분위한 저류조설치 및 성능이 양호한 원심농축기 설치
소화조의 소화효율 저하	<ul style="list-style-type: none"> 설계시 80%정도로 설계되나, 실제로는 40~50%임, 특히 겨울철에 소화율이 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> 기계식교반, 가온화시설, 균등조 설치필요
찌꺼기 개량시 고분자응집제에 의존	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 응집제의 혼용, 특히 무기응집제의 혼용이 필요하나 검토가 이루어지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 자테스트에 의한 적정응집 투입계획
탈수기 형식에 따른 효율 저하	<ul style="list-style-type: none"> 처리량이 대규모로 설정되어 대부분은 처리시설에서 벨트프레스로 운영 중이나 상대적으로 탈수 효율이 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> 효율이 상대적으로 좋은 원심탈수기 등으로 교체

나. 하수찌꺼기의 성상

1) 하수찌꺼기의 일반적인 성상

◦ 국내 하수도 시설기준에서는 미국의 사례를 참조하여 하수찌꺼기의 성상별 구성을 아래와 같이 제시하고 있음

<하수찌꺼기의 성상(미국사례)>

특 성	1차 찌꺼기		소화된 1차 찌꺼기		잉여 찌꺼기 범위
	범 위	대 표 치	범 위	대 표 치	
총 고형물(TS, %)	2.0~7.0	4	6.0~12.0	10.0	0.83~1.16
휘발성 고형물 (VS, TS중 %)	60~80	65	30~60	40.0	65.1~79.3
그리스와 지방질 (에테르에 용해성 TS중 %)	6.0~30.0	—	5.0~20.0	—	—
단백질(TS중 %)	20~30	25	15~20	18	—
질소(N, TS중 %)	1.5~4.0	2.5	1.6~6.0	3.0	2.4~5.0
인(P ₂ O ₅ , TS중 %)	0.8~2.8	1.6	1.5~4.0	2.5	2.8~11.0
칼륨(K ₂ O, TS중 %)	0~10	0.4	0.0~3.0	1.0	—
셀룰로스(TS중 %)	8.0~15.0	10.0	8.0~15.0	10.0	—
철(황화물 제외, TS중 %)	2.0~4.0	2.5	3.0~8.0	4.0	—
규사(SiO ₂ , TS중 %)	15.0~20.0	—	10.0~20.0	—	—
pH	5.0~8.0	6.0	6.5~7.5	7.0	6.5~7.5
알칼리도 (mg/L CaCO ₃)	500~1,500	600	2,500~3,500	3,000	580~1,100
유기산(mg/L, HAc)	200~2,000	500	100~600	200	1,100~1,700
열량(kcal/kg)	2,800~5,600	4,200	1,500~3,800	2,200	—

주) 자료 : 하수도시설기준(2011, 환경부)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

- 우리나라의 생하수찌꺼기와 잉여하수찌꺼기의 성상을 미국의 현황과 비교한 자료임
- 대부분의 항목에서 큰 차이점이 없으나 VS가 미국에 비해 현저히 낮은 특성이 있음

<국내·외 생하수찌꺼기의 성상 비교·검토>

처리시설	pH	습윤 비중	건조 비중	COD/ BOD	BOD/ SS	COD/ SS	TSS (%)	VSS (%TSS)	TS (%)	VS (%TS)
중랑천(Ⅰ)	5.6	1.01 ~1.02	1.3 ~1.8	3.4 ~3.7	0.27 ~0.36	0.87 ~1.28	4.2 ~6.0	41~49	4.5 ~6.2	40~41
중랑천(Ⅲ)	6.4	1.006	1.35	4.1	0.3	1.04	2.27	51	2.35	51
탄 천	—	1.01	1.52	3.9	0.18	0.69	2.9	47	—	—
난 지	—	1.013	1.61	2.8	0.29	0.72	3.4	37	—	—
안양천	—	1.025	1.72	2.35	0.27	0.65	5.84	35	—	—
미 국	5~8	1.02	1.4	—	0.5 ~1.1	1.2 ~1.6	—	—	2~7	64~93

주) 자료 : 하수도시설기준(2011, 환경부)

- 하수찌꺼기의 함수율 및 유기물 함량은 하수찌꺼기 처리 및 자원화 공정에 중요한 변수로 작용함
- 유기물질이 많은 농촌지역 찌꺼기의 경우 퇴비화로 재활용할 수 있는 조건이 되는 반면에, 중금속이나 유해물질이 포함될 소지가 많은 공단, 도시지역 발생찌꺼기는 비료관리법 등에서도 사용을 제한하고 있음

<국내 하수찌꺼기의 성상>

지 역	구 분	함수율 (%)	유기물함량(%)		회분함량 (%)	비 고
			습량 기준	건조 기준		
농촌지역	최 대	83.1	12.3	73.1	22.3	
	최 소	62.3	6.0	35.3	5.2	
	평 균	78.4	10.8	52.0	10.7	
도시지역	최 대	80.1	14.4	61.8	19.5	
	최 소	66.3	8.4	31.0	8.9	
	평 균	73.8	11.7	44.8	14.7	
공단지역	최 대	81.6	14.1	65.9	14.3	
	최 소	72.0	9.2	45.0	5.8	
	평 균	78.0	12.1	45.8	9.6	
평 균 값	최 대	83.1	14.4	73.1	14.7	
	최 소	65.3	6.0	31.0	5.2	
	평 균	76.5	11.5	50.2	12.0	

주) 자료 : 하수슬러지 자원화시설 반입슬러지 함수율 저감시설 적용 타당성조사 연구 용역(2014, 수도권매립지관리공사)

1.4 하수찌꺼기 처리 및 처분계획

- 사회경제활동의 고도화로 폐기물 발생량의 증대 및 폐기물최종처분장의 신규입지 확보의 어려움 등으로 최종처분장의 잔여공간 부족현상이 예상됨
- 폐기물의 최종처분량을 줄이기 위해서 하수찌꺼기의 효율적 처리 및 유효이용 등의 방법으로 감량화를 추진할 필요가 있음
- 하수찌꺼기 처리를 위한 중장기 정책방안을 수립하여야 할 상황에 직면함에 따라 하수찌꺼기의 적정처리를 위해 다각적인 방안을 시도하여야 하며, 하수찌꺼기 발생원으로부터 최종처분에 이르기까지 관련 기준을 충분히 검토하여 중장기적인 방안을 수립하여야 함

1.4.1 국내 하수찌꺼기 처리 관련 기준검토

가. 하수찌꺼기 처분관련 기준 검토

- 하수찌꺼기에 함유된 유해물질 및 중금속의 함량기준은 최종 처분방안에 따라 다름

<하수찌꺼기 처리방안에 따른 적용기준>

처분방안		적용기준	비 고
해양투기		해양배출처리기준	2012년 금지
재활용	토지개량제 매립복토재	부속토 원료기준	
	시멘트 원료	공장자체기준	
	부산물 비료	비료관리법	
	건설재료	공장자체기준	
	탄화 등 기타	-	

나. 하수찌꺼기의 처리 및 재활용 방안

- 하수찌꺼기의 적정처리방법은 단편적 기술보다는 전체적인 시스템에 의하여 결정되어야 함

<하수찌꺼기 처리 및 재활용에 대한 검토사항>

구 분	적 용 기 준	비 고
찌꺼기의 성상 및 처리의 문제점 검토	<ul style="list-style-type: none"> · 찌꺼기의 성상 및 특성 파악 · 현재 기술의 문제점 및 외국 기술에 대한 자료조사 · 환경적 안정성 검토(병원균, 환경호르몬, 다이옥신 등) 	
적정 처리방법의 결정	<ul style="list-style-type: none"> · 각각의 처리기술에 대한 찌꺼기의 성상 및 특성 파악 후 비교 검토 · 각 처리방법에 대한 기준마련 및 평가 	
요소기술의 개발 및 사용	<ul style="list-style-type: none"> · 2단계에서 제시된 처리조건을 기준으로 각각의 요소기술 개발 · 각각의 처리방법별 경제성 및 효율 평가 · 개발된 요소기술을 기준으로 찌꺼기 처리에 필요한 전체적인 시스템 구성 	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

다. 부속토 기준 검토

- 『유기성오니 등을 토지개량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 규정(환경부고시 제 2016-259호, 2016.12.30.)』의 별표 2에 따라 공공하수처리시설에서 발생하는 유기성 찌꺼기는 부속토로 활용이 가능함

<부속토 원료기준(제5조, 제10조관련)>

(단위 : mg/kg, 건조중량기준)

구 분		등 급	
		가 등급	나 등급
유 해 물 질 함 량	비소(As)	50이하	“가” 등급의 기준을 초과하는 경우
	카드뮴(Cd)	5이하	
	크롬(Cr)	300이하	
	구리(Cu)	500이하	
	납(Pb)	150이하	
	수은(Hg)	2이하	

<부속토 제품기준(제6조, 제8조관련)>

(단위 : mg/kg, 건조중량기준)

구 분		등 급	
		가 등급	나 등급
유 해 물 질 함 량	비소(As)	50이하	“가” 등급의 기준을 초과하는 경우
	카드뮴(Cd)	5이하	
	크롬(Cr)	300이하	
	구리(Cu)	500이하	
	납(Pb)	150이하	
	수은(Hg)	2이하	
유기물함량		25%이상	
유기물대 질소비		50이하	
염분(NaCl)		1%이하	
부 속 토		실험 수행 시 실온 보다 20℃이상 재 발열이 없을 것.	

1.4.2 국내외 하수찌꺼기 처리·처분현황 및 전망

가. 국내 하수찌꺼기 처리시설 현황

◦ 현재 국내 하수찌꺼기 처리시설 건설사업의 추진현황은 찌꺼기의 직매립과 해양투기가 금지됨에 따라 건조 또는 소각시설이 많이 건설 운영 중에 있으며 그 현황을 나타내었음

<국내 가동 중인 하수찌꺼기 처리현황>

시 도	처리장명	구분	사업기간		용량	처리공법	사업비 (백만원)
			착수	준공			
전국(116)	-	-	-	-	12,710	-	1,572,378
수도권매립지(4)	기존고화	운영중	1998	1998	1,050	고화	3,700
	1단계	운영중	2007	2008	1,000	고화	39,800
	2단계	운영중	2008	2011	1,000	건조연료화	80,698
	3단계	공사중	2017	2020	1,000	건조연료화	170,000
서울(4)	종량	운영중	2000	2002	200	건조연료화	8,635
	난지	운영중	2000	2002	150	소각	11,294
	서남	운영중	2000	2002	150	소각	12,375
	탄천	운영중	2000	2002	200	건조연료화	9,008
부산(3)	강변	운영중	2008	2008	200	고화	1,489
	해운대	운영중	2005	2005	48	건조훈소	421
	부산	건설중	2007	2013	550	건조연료화	75,000
대구(1)	대구	운영중	2007	2011	270	고화	63,599
광주(1)	광주	운영중	2007	2011	330	건조연료화	39,496
대전(1)	대전	설계중	2009	2016	100	건조연료화	49,600
울산(1)	울산	운영중	2006	2011	300	소각	33,652
경기(14)	양평	운영중	2001	2003	40	소각	3,970
	수원	운영중	2007	2009	450	건조연료화	31,523
	구리	운영중	1998	1999	70	소각	3,456
	성남	운영중	1999	2001	180	소각	7,615
	용인	운영중	2006	2011	180	소각	45,009
	의왕	운영중	2008	2010	10	건조	1,047
	수원	운영중	2003	2010	450	건조연료화	29,338
	연천	운영중	2011	2011	14	건조훈소	1,602
	부천	운영중	2005	2007	300	소각	33,623
	포천	운영중	2005	2006	40	소각	8,300
	안성1	운영중	2007	2008	30	탄화	3,739
	안성2	설계중	2014	2016	25	-	7,832
	시흥	운영중	2007	2009	200	건조훈소	14,600
	고양	설계중	2014	2017	200	-	49,000

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<국내 가동중인 하수처리 현황(표계속)>

시 도	처리장명	구분	사업기간		용량	처리공법	사업비 (백만원)
			착수	준공			
충북(6)	청주	운영중	1997	2000	90	소각	12,772
	제천	운영중	2000	2000	20	건분화	386
	청주	운영중	2008	2012	90	소각	19,925
	충주	운영중	2010	2012	60	건조연료화	11,970
	음성	운영중	2010	2013	20	건조연료화	5,859
	진천	공사중	2012	2015	20	건조자원화	4,000
충남(10)	공주	운영중	2008	2011	40	부숙화	9,622
	논산	운영중	2008	2011	30	탄화	7,500
	당진	운영중	2007	2009	30	고화	4,109
	보령	운영중	2007	2009	20	탄화	5,798
	서산	운영중	2009	2012	30	건조연료화	11,000
	서천	운영중	2008	2010	8	부숙화	4,239
	아산	운영중	2007	2011	60	건조혼소	7,782
	천안	운영중	2007	2011	150	탄화	27,902
	태안	운영중	2009	2011	10	탄화	4,000
	계룡	운영중	2010	2013	20	건조연료화	5,000
경북(16)	구미1	운영중	2001	2005	160	소각	7,572
	구미2	설계중	2012	2016	250	소각	43,750
	김천	운영중	2007	2012	50	건조	10,900
	상주1	운영중	1999	2002	24	건조혼소	2,917
	상주2	운영중	2008	2011	25	탄화	7,952
	경주	운영중	2006	2011	90	건조연료화	16,500
	안동	운영중	2008	2011	50	부숙화	11,332
	울진	운영중	2006	2010	5	고화	1,639
	의성	건설중	2009	2013	15	건조연료화	5,878
	포항	운영중	2008	2012	130	건조연료화	22,162
	김천	운영중	2010	2011	50	건조연료화	10,900
	경산	건설중	2011	2015	14	건조혼소	2,775
	고령	운영중	2007	2009	10	부숙화	3,999
	칠곡	운영중	2007	2009	50	부숙화	10,120
	문경	운영중	2005	2006	30	부숙화	4,500
	영덕	운영중	2007	2008	7	건조혼소	700
경남(6)	고성1	운영중	2007	2010	10	부숙화	3,123
	고성2	운영중	2003	2003	5	부숙화	1,140
	사천	운영중	2006	2011	24	건조혼소	4,324
	의령	운영중	2006	2010	15	탄화	5,547
	진주	운영중	2006	2010	100	탄화	19,172
	진해	건설중	2008	2013	50	건조	13,600

<국내 가동중인 하수처리장 처리현황(표계속)>

시 도	처리장명	구분	사업기간		용량	처리공법	사업비 (백만원)
			착수	준공			
경남(19)	마산	운영중	2006	2008	200	소각	23,813
	창원	운영중	2006	2007	20	건조혼소	1,590
	창녕	운영중	2007	2010	10	부숙화	4,411
	하동	운영중	2009	2011	10	고화	2,964
	함안	운영중	2007	2010	15	건조혼소	4,858
	함양	운영중	2011	2013	5	건조혼소	2,500
	거제	운영중	2007	2009	30	부숙화	9,545
	김해	운영중	2006	2008	100	탄화	17,348
	남해	운영중	2007	2009	10	탄화	3,362
	밀양	운영중	2007	2009	10	부숙화	2,994
	양산	운영중	2006	2009	120	건조혼소	16,973
	통영	운영중	2006	2007	15	건조혼소	300
	거창	설계중	2012	2015	12	건조연료화	3,600
제주(1)	제주	운영중	2008	2013	70	고화	11,700

주) 전국 하수슬러지 처리시설 현황(2014, 환경부)

<처리시설별 소각재 처리현황>

시설명	처리방법	처리업체	처리비용(백만원)
중랑 건조로	녹생토	현대산업	6,600
		에덴녹화	9,000
		법면녹화육운	11,000
서남 소각로	시멘트 재활용	아세아시멘트	4,950
난지 소각로	시멘트 재활용	아세아시멘트	4,950
청주 소각로	시멘트 재활용	아세아시멘트	5,500
안산 소각로	벽돌 기와	태양자원	18,000
		세명기업사	16,500
구리 소각로	시멘트 재활용	아세아시멘트	4,950
양평 소각로	시멘트 재활용	쌍용양회	(35,200)
성남 소각로	매립	자체매립장	-
광주 소각로	매립	자체매립장	-

주) (): 양평소각로 처리비는 수집, 운반비 포함임

나. 국내 하수처리장 처리·기술개발 현황

- 현재 국내 하수처리장 처리기술은 대부분 Pilot Test 및 실증시험 등의 실용화 과정을 거쳐 현장 적용이 가능한 상태에 있으며 일부 기술은 실제 현장에 설치되어 운영되고 있음

<찌꺼기 감량화 건조시설 등>

기술분야	기 술 명	업 체 명
고형화	· 하수슬러지 건조 고형화기술	(주)포스코건설
	· 하수슬러지를 발효, 고형화하여 매립지 복토재를 제조하는 기술	(주)홍진씨엔텍
	· 내부발열소결법을 이용한 하수슬러지 경량골재 자원화 기술	(주)네오이엔비, (주)화오이엔비
	· 수화열 공법을 이용한 슬러지 가공원료 시멘트 부원료 생산기술	(주)아주글로벌
	· 하수슬러지를 이용하여 건조, 성형, 소성과정을 거쳐 인공경량골재로 자원화하는 설비시스템에 대한 기술	(주)토정
	· 하수슬러지의 경량골재 자원화기술	(주)다을환경기술
건 조	· 슬러지 처리를 위한 탈수 및 건조복합처리 시스템	(주)에코셋
	· 파쇄 및 다단 건조상을 이용한 하수슬러지 건조기술	(주)한틀산업
	· 이젝터 기술의 저온진공건조 시스템을 이용한 하수슬러지 완전건조기술	(주)드림바이오넷
	· 하수슬러지 건조 자원화	(주)수테크
	· 순환 건조시스템	(주)두산건설
	· 한솔 슬러지 건조기술	(주)한솔이엠이
	· 유동상 건조기술을 이용한 하수 슬러지 자원화	(주)화이델엔지니어링
	· 수평박막식 슬러지 건조기	(주)화일씨엔이
	· 증기 폭쇄를 이용한 다목적 폐기물 재활용시설	(주)한솔이엠이
	· 청정 열풍을 이용한 하수슬러지 건조 자원화 설비(청정로)	(주)보성DSK
	· 하수슬러지와 스텐레스분화슬래그를 혼합하여 열풍회전 3PASS 건조장치와 양생 Silo를 이용한 시멘트 연료화기술	(주)포스코건설
	· ViroSewageTM Technology	(주)지오인바이로텍
용 용	· 유동제어판을 적용한 건조 하수슬러지 선화용기술	(주)고등기술연구원, (주)대우건설
소 각	· 한솔 유동층 슬러지 소각기술	한솔이엠이(주)
감량화	· 오존분해기술을 이용한 슬러지 자원화 및 감량화 기술	(주)엔바이로텍,
	· 오존처리 및 가성소다를 이용 슬러지를 분해시키고 호기성소화 및 침지식 평막을 결합한 하수슬러지 저감기술	(주)제닉스ENG, (주)태영
	· 고압구동방식 벨트프레스 (하수슬러지용)	(주)한국탈수기
	· S-TE Process (호열성 세균에 의한 잉여슬러지의 감량화 기술)	(주)수환경R&D
	· 공기이송건조를 이용한 슬러지의 감량화 기술	(주)리엔텍 엔지니어링
	· 고효율 생물반응기(ER-1)를 이용한 하수슬러지의 호기성소화 감량화 및 건조 · 고형화 전처리 기술	(주)에코데이
	· 초음파를 이용한 슬러지 감량 및 바이오가스 증산기술	울트라텍
연료화	· 하수슬러지와 석탄을 혼합한 연료 제조기술	(주)조이환경에너지, (주)한라산업개발
	· 하수슬러지의 2차 탈수 및 RPF 연료화 기술	(주)리젠스
	· 하수슬러지의 전기침투 탈수와 자연통기건조 및 고형연료화 기술	(주)리젠코리아
퇴비화	· 무첨가형 하수슬러지 퇴비화 기술(HSC공법)	(주)현대ENG
	· 퇴비화기술	(주)지오인바이로텍
	· 원심박막건조기를 이용한 감량화 및 퇴비화	(주)비츠로시스
	· 지렁이를 이용한 하수슬러지 처리 자동화대형화 시스템 (HIDETM VCOMTM)	(주)하이드
	· 무첨가식 슬러지 부숙화 기술(HSC 공법)	(주)현대엔지니어링
탄 화	· 하수슬러지의 탄화처리 및 재활용 기술	(주)한국하이테크
	· 유기슬러지 탄화기술	(주)월드이노텍

다. 외국의 하수처리 처리실태

1) 미 국

<찌꺼기 감량화 건조시설 등>

주 명	총찌꺼기 발생량 (톤/년)	농 지 주 입	퇴비화	소석회 안정화	열건조/ 입자화	매 립	소 각	지 면 살 포	기 타
Alabama	47,000	59	1	1	1	25	1	0	12
Arizona	64,800	1	0	0	10	0	2	1	12
California	750,000	52	10	1	< 1	22	3	4	8
Colorado	61,073	77	5	0	0	11	0	4	3
Connecticut	23,725	0	8	0	0	10	82	0	0
Delaware	21,000	14	3	80	0	3	0	0	0
Florida	253,000	66	3	0	3	17	8	< 1	3
Hawaii	20,000	0	15	0	0	84	0	1	0
Illinois	474,934	47	0	0	0	53	0	< 1	0
Indiana	60,000	95	5	< 1	0	0	0	0	0
Iowa	41,000	94	2	0	0	0	4	0	0
Kansas	—	60	5	5	0	25	5	0	0
Kentucky	63,000	18	4	3	0	75	0	0	0
Louisiana	—	25	5	0	0	40	15	10	5
Maine	22,000	56	37	0	0	7	0	0	0
Maryland	194,000	65	0	0	0	6	4	0	25
Massachusetts	174,000	3	13	2	1	38	15	0	28
Minnesota	265,000	18	0	0	0	11	71	0	0
Missouri	227,000	31	0	0	0	2	60	7	0
Montana	7,673	17	16	0	0	45	0	22	0
Nevada	385,003	21	0	0	0	78	1	0	0
New Hampshire	18,000	11	21	0	0	46	22	0	0
New Jersey	281,000	12	6.5	23.5	23	9	25	0	1
New Mexico	20,000	—	—	—	—	—	—	—	—
New York	360,000	10	15	11	15	17	31	0	1
North Carolina	150,000	—	—	—	—	—	—	—	—
North Dakota	3,653	18	0	0	0	82	0	0	0
Ohio	331,546	62	0	0	0	8	27	0.5	2.5
Oklahoma	70,000	80	0	0	0	20	0	0	0
Oregon	60,000	92.6	8	0	0	< 1	0	0	0
Pennsylvania	—	60	10	0	1	24	5	0	0
Rhode Island	28,700	0	7	0	0	7	86	0	0
South Carolina	118,000	23	5	0	3	66	> 1	0	2
South Dakota	15,800	79	0	0	0	2	0	10	9
Tennessee	—	66	0	0	0	34	0	0	0
Texas	450,000	50	9	0	3	35	0	3	0
Utah	34,738	53	27	0	0	4	0	16	0
Vermont	6,800	27	11	0	0	55	5	0	2
Virginia	150,000	47	8	10	0	10	35	0	0
Washington	75,000	85	—	—	—	—	—	—	—
Wisconsin	—	97.4	0	0.3	0.7	1.2	0.4	0	0
Wyoming	3,600	95	0	0	0	0	0	5	0

주) 슬러지 관리와 재활용 방안(2004, 서울산업대학교 에너지기술인력양성센터)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

2) 유럽 주요국가

○ 유럽 17개국을 대상으로 하수찌꺼기 발생량 및 처리 현황을 살펴보면 전체적으로 약 36.4%가 농경지 등에 재이용되고 있으며, 41.6%가 육상매립, 소각 10.9% 및 해양투기는 5.2%를 나타내고 있음

<유럽 주요국가의 하수찌꺼기 발생량 및 처리현황>

(단위 : 건조물량, 천 톤/년, %)

국가명	하수찌꺼기 발생량		농토 재이용		육상매립		소 각		해양투기		산지 및 재경작지	
오스트리아	170	(2.3)	30.6	(18)	59.5	(35)	57.8	(34)		—	221	(13)
벨기에	59.2	(0.8)	17.2	(29)	32.5	(55)	8.9	(15)		—	0.6	(1)
덴마크	170.3	(2.3)	92	(54)	34	(54)	40.9	(24)		—	3.4	(2)
핀란드	150	(2.0)	37.5	(25)	112.5	(75)		—		—		—
프랑스	865.4	(12.0)	502	(58)	233.5	(27)	130	(15)		—		—
독일	2,681.2	(2.3)	724	(27)	1,448	(54)	375.2	(14)		—	134	(5)
영국	1,107	(15.0)	488	(44)	88.6	(8)	77.4	(7)	322	(30)	121	(11)
그리스	48.21	(0.6)	4.8	(10)	43.4	(90)		—		—		—
아일랜드	36.7	(0.5)	4.4	(12)	16.6	(45)		—	12.8	(35)	2.9	(8)
이태리	816	(11.0)	269.2	(33)	449	(55)	16.2	(2)		—	81.6	(10)
룩셈부르크	8	(0.1)	1	(12)	7	(88)		—		—		—
네덜란드	335	(4.5)	87	(26)	171	(51)	10	(3)		—	67	(20)
노르웨이	95	(1.3)	53.2	(58)	41.8	(44)		—		—		—
포르투갈	25	(0.3)	2.7	(11)	7.3	(29)		—	0.5	(2)	14.5	(58)
스페인	350	(4.7)	175	(50)	122.5	(35)	17.5	(5)	35	(10)		—
스웨덴	200	(2.7)	80	(40)	120	(60)		—		—		—
스위스	270	(3.6)	121.5	(45)	81	(30)	67.5	(25)		—		—
총 계	7,387	(100.0)	2,690.1	(36.4)	3,066.2	(41.6)	801.4	(10.9)	380.3	(5.19)	447.1	(6)

주) A global atlas of wastewater sludge and biosolids use disposal(IAWQ)

3) 일 본

○ 일본은 2005년도(2005.4.1.~2006.3.31.)에 액상찌꺼기, 탈수찌꺼기, 퇴비화, 건조찌꺼기, 탄화찌꺼기, 소각재, 용융슬래그로 발생한 하수찌꺼기 중에서 28.6%가 매립에 의해 최종 처분되었음

<일본의 하수찌꺼기 처리 및 처분현황>

(단위 : 건조물량, 천 톤/년)

찌꺼기 형 태	매 립 처 분	녹농지 이 용	건설자재이용		연료화 등	해 양 환 원	장 내 저 장	기 타	합 계	%
			시멘트화	시멘트화 이외						
액상찌꺼기	12	25	—	—	—	—	—	7	43	—
탈수찌꺼기	66,332	35,824	59,051	746	1,169	—	218	204	163,544	7.3%
퇴비화	363	224,010	267	3,689	52	—	—	—	228,381	10.3%
건조찌꺼기	6,143	32,822	1,559	149	10,632	—	11	4,304	55,621	2.5%
탄화찌꺼기	61	1,600	966	256	78	—	—	7	2,968	0.1%
소각재	563,082	11,418	632,186	352,075	334	—	5,783	634	1,565,511	70.3%
용융슬래그	1,050	2,637	4,429	172,755	—	—	28,005	2,427	211,303	9.5%
합계 (%)	637,044 (28.6%)	308,334 (13.8%)	698,458 (31.4%)	529,670 (23.8%)	12,265 (0.6%)	—	34,017 (1.5%)	7,583 (0.3%)	2,227,371	100%

2. 계획의 기본방향

2.1 개요

- 하수처리과정에서 발생하는 하수찌꺼기의 처리·처분 시에는 경제성, 환경성 및 관련 법규 등에 부합할 수 있는 방안으로 계획되어야 함

<하수찌꺼기 처리·처분 계획 시 고려사항>

고 려 사 항	내 용	비 고
환경 친화적 처리·처분계획	· 하수찌꺼기에는 중금속 및 병원균 등이 다량으로 함유되어 있어 토양 및 지하수 등의 주위환경에 악영향을 미칠 우려가 있으므로 환경영향을 최소화할 수 있고 안정적인 처리방안을 검토하여야 함.	
경제적인 처리방법	· 중간처리 및 최종처리방안이 효율적이고 안정적이라 할지라도 유지관리비 및 초기투자비가 과다할 경우 재원조달 및 유지관리의 문제가 발생할 수 있으므로 경제적인 최종처리방안을 강구하여야 함.	
발생지역에서 처리 가능화	· 하수찌꺼기는 수처리시설을 관리하는 지방자치단체에서 처리·처분하는 것이 원칙이므로 지역 내에서 발생하는 하수찌꺼기는 가능한 그 지역 내에서 처분하는 것이 바람직하나 지역 내 처분에 한계가 있고 부득이 타 지역 처분을 해야 할 경우에는 해당 시와의 협의가 요구되며 퇴비화 등 하수찌꺼기의 재이용을 할 경우에는 지역 내외의 유통 기구 및 소비가능량 등을 검토하여야 함.	
상황변화에 대응한 처분방식	· 장래 신기술의 개발에 따른 처분방식의 개선이 필요한 경우에 융통성 있게 대응할 수 있어야 함.	

<하수찌꺼기 처리·처분방식 선정기준>

항 목	세 부 항 목	검 토 사 항
처리효과	처리의 안정성	· 항상 안정된 고효율 유지여부 · 기후, 기온 등에 좌우여부
	처리의 유연성	· 유입부하변동에 대한 적응성 · 장래의 조건변화에 대응이 가능여부
관리성	기술상의 관리성	· 고도의 운전기술의 필요성 · 특정의 유자격자의 필요성 · 기기의 적용실적 다양성 · 운전지표가 확립 여부 · 정기점검, 보수의 개소수 · 수처리시설로의 반송수 부하가 적은가
	작업상의 관리성	· 기기 운전조작이 용이성 · 약품 등의 구입, 확보가 용이성 · 소요 작업인원 · 작업상의 위험성
경제성	초기투자비	· 건설비 경제성 · 건물 내에 설치여부 · 하수처리시설의 부지면적
	유지관리비	· 유지관리비는 경제성 · 소자원, 소에너지에 부합성 · 유틸리티의 사용량 · 기기의 내구성
환경영향	주변환경	· 주변환경 영향성
	작업환경	· 작업환경 양호성

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

2.2 관리방법 계획 및 적용가능성 검토

2.2.1 하수도정비 기본계획 수립지침(2015. 12, 환경부)

- 하수찌꺼기(슬러지) 환경부하를 감소시키는 자연 순환 방식을 도입하고 재활용하거나 자원화할 수 있는 방안 검토
 - 기술개발, 제품화, 상품화, 사업화
 - 품질 및 안전보증
- 1일 하수찌꺼기(슬러지)의 발생량이 적은 경우 인근 처리시설과의 연계처리를 원칙으로 함
- 최종처분방식이 소각인 경우 지역단위로 광역처분방식을 도입하고 대도시지역 등 지역적인 특성상 하수찌꺼기(슬러지)의 재이용이 곤란한 지역에 대하여 한정적으로 적용
 - 광역처분방식의 도입시 인근 지자체와 반드시 협의하고 협의결과는 보고서에 수록(관련공문 포함)
 - 하수찌꺼기(슬러지)처리 및 처분공정은 하수찌꺼기(슬러지)의 발생량 및 성상, 향후 정책방향, 지역특성을 기초로 기술적 타당성을 검토하고 채택 가능한 대안 시설의 규모를 산출한 후 경제성을 평가한 후 제반여건을 고려한 계획을 수립

2.2.2 공공하수도시설 설치사업 업무지침(2014.1, 환경부)

- 하수찌꺼기(슬러지) 최종처리방법은 법적 규제 사항, 공공하수처리시설 규모, 하수찌꺼기(슬러지) 발생량을 감안하여 소각, 고형화(고화), 퇴비화, 토지개량제, 복토재 등의 처리방법에 대하여 지역특성, 경제성, 기술성, 환경성, 유지관리성 등을 종합적으로 비교분석한 후 결정하여야 한다.
 - 지역특성을 감안하여 적절한 재활용 방법을 채택
 - 매립지 인근지역은 고화처리하여 복토재 활용
 - 소량발생 및 농촌지역은 퇴비화 추진
 - 생활폐기물소각장에 여유가 있는 지자체는 혼합 소각
 - 시멘트회사 인근지역은 시멘트 원료화 추진
- 하수찌꺼기(슬러지) 최종처리 관련 규정을 상세 검토하여 계획을 수립하여야 한다.
 - 「폐기물관리법」 시행규칙 제14조 (별표5) 의 규정에 따라 처리용량 1만^m³/일 이상의 공공하수처리시설에서 발생하는 유기성 하수찌꺼기(슬러지)는 직매립해서는 안됨.
 - 매립가스 자원화시설이 설치된 매립장 직매립은 일부 허용('07.02.14 「폐기물관리법」 시행규칙 개정). 단, 수분함량 75%이하, 1일 500톤 미만인 경우에 한함.
 - 하수찌꺼기(슬러지)를 생활폐기물 소각시설에서 혼합 소각하는 계획을 수립하는 경우에는 「생활폐기물 소각시설에서의 하수찌꺼기(슬러지) 혼합소각지침(2007.4 환경부)」를 참조하여야 함.

- 하수슬러지 처리시설(건조·탄화시설 등)을 설치하는 경우에는 기존 소각시설에서 발생하는 여열을 활용하여 에너지 사용량을 절감할 수 있는 방안을 강구하여야 함.
- 「비료관리법」 제4조의 규정에 의하여 도시 하수찌꺼기(슬러지)는 농지용 퇴비의 원료로서 사용이 제한됨.
- 농어촌마을하수도에서 발생하는 하수찌꺼기를 처리하기 위한 탈수시설은 부득이한 경우를 제외하고는 설치하지 않아야 하며, 하수찌꺼기를 일정기간 저장할 수 있는 저류조를 설치한 후 인근 공공하수처리시설에서 수거 또는 이송하여 통합 탈수 처리하는 방안을 강구하여야 함.

2.2.3 관리방법 검토

<하수찌꺼기 관리방법별 적용방향>

구 분		적 용 방 향
감량화		<ul style="list-style-type: none"> · 소화조가 있는 처리장 : 소화효율 개선사업 시행 권장 · 소화조가 없는 처리장 : 감량화기술을 적용하여 찌꺼기 발생량을 줄이는 방안 검토
재활용	퇴 비 화	<ul style="list-style-type: none"> · 식용작물외의 용도로 퇴비를 활용할 수 있는 경우 권장 · 특히 군지역의 찌꺼기는 퇴비화방안 적극 권장 · 퇴비수요가 많은 자치단체는 퇴비화 확대방안 적극 추진
	복 토 재	· 자체 매립장을 보유하고 있는 자치단체는 부숙 또는 고화 처리하여 복토재로 재활용하는 방안 적극 추진
	시 멘 트 원 료	· 시멘트 공장과의 수송거리가 멀지 않은 자치단체는 시멘트 원료로 활용하는 방안 강구
	경량골재	· 건축자재(블록, 타일 등) 수요가 많은 지역은 골재로 활용하는 방안 강구
	녹 생 토	· 녹생토(법면녹화기반재 등)의 공급선을 안정적으로 확보할 수 있는 지역은 녹생토로 활용하는 방안 강구
	연 료 화	· 화력발전소, 기타 고체연료(조개탄 등) 사용시설이 있는 지역은 연료화 방안 추진 권장
	기 타	<ul style="list-style-type: none"> · 기타 유용한 재활용기술이 있는 경우 적용 · 민간의 재활용시설을 활용할 수 있는 경우 활용 추진
매 립		<ul style="list-style-type: none"> · 매립가스 재이용시설이 있거나 계획이 있는 경우 매립하여 에너지 회수 재활용으로 계획(잠정-추후 최종방침에 따라 수정) · 1만톤/일 미만 처리시설의 찌꺼기로서 지역특성상 재활용이 곤란한 경우로서 매립장 여유용량이 있는 경우 계획 · 폐기물처리업체의 매립시설을 이용할 수 있는 경우에는 이용방안 검토
소 각		<ul style="list-style-type: none"> · 생활쓰레기 소각시설이 있거나 건설중인 경우 일정량(전체 소각물량의 15~30%)을 혼합 소각하는 것으로 계획(잠정-추후 최종방침에 따라 수정) · 폐기물처리업체가 보유한 소각시설을 이용할 수 있는 경우에는 이용방안 추진 · 매립, 재활용이 곤란한 경우는 별도 소각시설을 건설하는 것으로 계획

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<하수찌꺼기 처리방안별 검토>

구 분		적용가능성	문제점	비 고
감량화		<ul style="list-style-type: none"> · 기존시설 : 소화조 없음 (가좌, 승기 소화조 설치) · 감량화시설 : 기존 및 신설하수처리시설 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 적용사례가 거의 없음 · 최종처리 방식에 따라 유기물 감소로 인해 불리할 수 있음 	신규 처리장 적용가능
재활용	퇴 비 화	<ul style="list-style-type: none"> · 도시계획 외 지역은 주로 녹지지역으로 적용 가능성 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 계절적 변화에 따른 수요량 변화가 심해 안정적 처리가 곤란 · 넓은 부지면적이 소요되고, 위탁처리를 통한 방법이 경제적인 수 있음 	
	복 토 재	<ul style="list-style-type: none"> · 자체 매립장을 보유지역 적용가능성 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 부숙 또는 고화시설이 필요 · 찌꺼기의 안정적 처리를 위해서는 장기적인 인근 매립장 활용 필요 	
	시 멘 트 원 료	<ul style="list-style-type: none"> · 인근 시멘트공장과 협의를 통한 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 대부분의 시멘트공장에서 건조찌꺼기를 요구함에 따라 건조시설 필요 · 전건조시 악취발생에 따른 민원문제 발생 우려 및 비용 상승 	
	경량골재	<ul style="list-style-type: none"> · 개발계획상 경량골재 수요가 많을 것으로 예상되나 적용이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 경량골재는 주로 열처리(소각, 용융 등) 부산물을 재가공해야 하므로 비경제적 · 소각회나 용융슬래그 이용시 소량 발생에 따른 공급 어려움 	
	녹 생 토	<ul style="list-style-type: none"> · 녹생토의 안정적 공급선을 확보하기 어려워 적용 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 계절적 변화에 따른 수요량 변화가 심해 안정적 처리가 곤란 	
	연 료 화	<ul style="list-style-type: none"> · 소각시설 도입시 보조연료화 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 고형연료화 적용실적이 거의 없음 · 찌꺼기 발생량이 적어 공급이 어렵고 국내 하수찌꺼기의 발열량이 낮아 적용 어려움 	
매 립		<ul style="list-style-type: none"> · 현재 인천광역시내 공공하수처리시설의 대부분 처리방법으로 수도권 매립 이용 	<ul style="list-style-type: none"> · 수도권매립지 반입금지시 대안마련필요 · 장래 법적으로 규제될 가능성이 높음 	수도권 매립지매립
소 각		<ul style="list-style-type: none"> · 굴포하수처리시설 전량 소각 · 신규 건설 하수처리시설 건설 	<ul style="list-style-type: none"> · 국민정서상 민원 발생소지가 큼 · 타 처리방법에 건설비 및 운영비가 높음 	굴포적용, 신규적용 가능
기 타		<ul style="list-style-type: none"> · 열처리방법 : 용융, 탄화 등 · 적용실적, 경제성 등으로 인하여 적용 어려움 · 재활용 불가능시 소각 대안으로 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 소각에 비해 민원 발생이 적을 것으로 예상되나 열적 처리에 대한 부담감으로 민원 발생 우려 · 타 처리방법에 건설비 및 운영비가 높음 	

3. 하수찌꺼기 처리·처분방법

3.1 하수찌꺼기 처리방법

3.1.1 개 요

- 공공하수처리시설내의 하수찌꺼기 처리는 최종처분을 위해 반출되는 탈수찌꺼기의 감량화 및 안정화를 주목적으로 함
- 하수찌꺼기의 육상매립의 전면금지, 해양투기 금지 등과 같이 찌꺼기의 최종처분 방법이 극도로 제한되면서, 하수찌꺼기의 감량화가 부각되고 있음
- 찌꺼기 감량화와 더불어 찌꺼기 발생량이 적은 고도처리공법 및 하수처리공정에서의 감량화 기술 등이 계속 개발되고 선호되는 추세임
- 하수처리공정에서 고도처리공법이 도입됨에 따라 잉여찌꺼기의 중력농축은 인의 재방출의 문제점이 있으며, 이로 인해 원심농축기와 같은 기계식 농축방식으로 전환되고 있는 실정임

3.1.2 찌꺼기 처리·처분 방법별 분류

- 현재 우리나라에서 적용되고 있는 생물학적 처리방법의 수처리 공정에서 발생하는 하수찌꺼기 양은 전체 유입하수량의 약 1% 정도이며, 고형물량의 40~90%가 유기물로 구성되어 있으며, 수분함량이 97~99%로 전처리 없이 최종처리 할 경우 찌꺼기 중에 대량으로 포함되어있는 유기물은 부패되기가 쉬워 악취문제 및 위생상의 문제를 유발함
- 함수율이 높은 찌꺼기는 최종처분장으로 운반하는데 많은 비용이 소요되고, 처분량의 증가로 인한 문제와 매립시 침출수로 인한 2차오염을 발생시킴

<처리목적 및 기능에 따른 분류>

구 분	주 목 적	처 리 방 법
예비처리공정	탈 수	농축, 안정화, 개량, 탈수
중간처리공정	감량, 안정화	건조, 소각, 용융, 탄화, 고형화
최종처분공정	최종처분 또는 재이용	매립 또는 유효이용

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

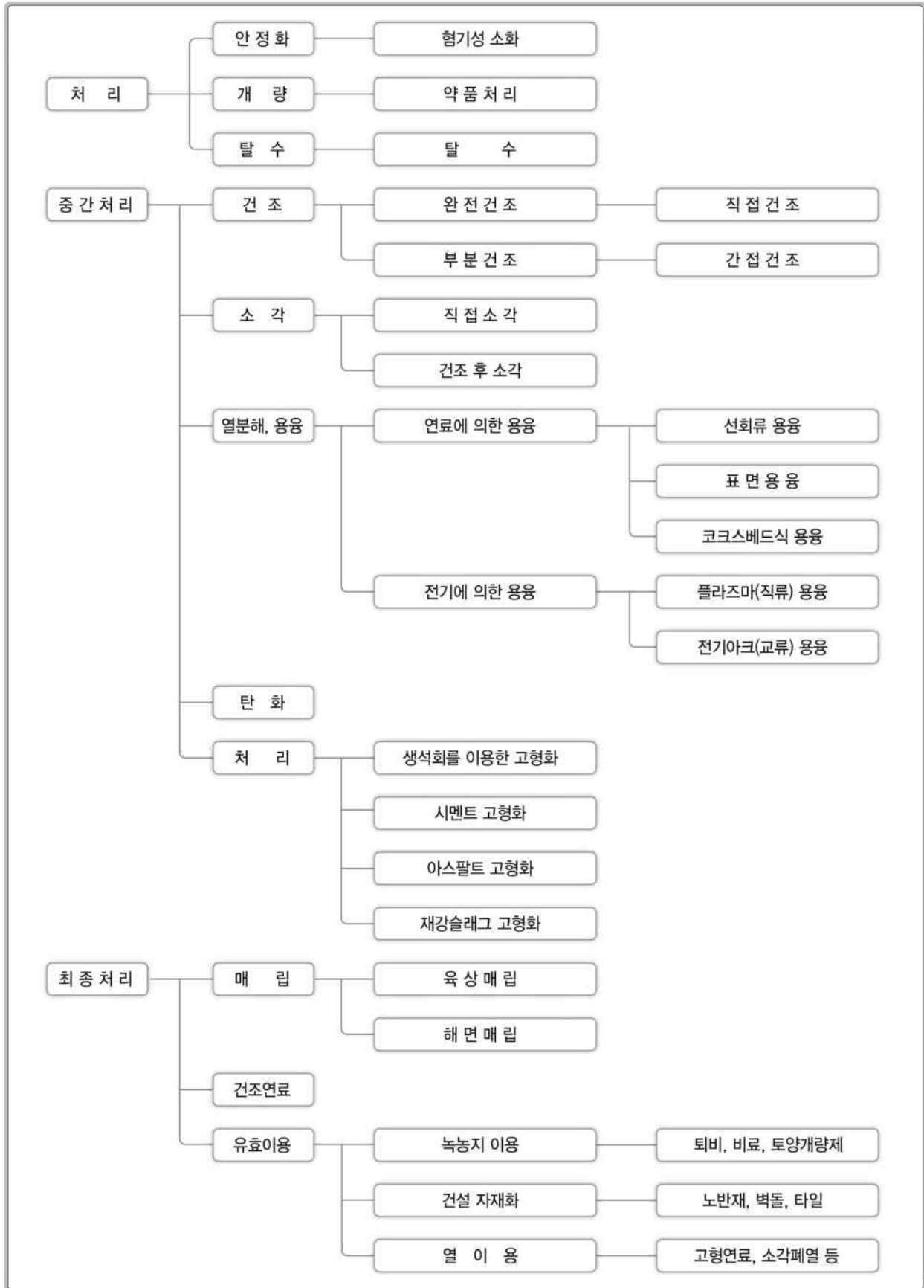
제 8 장

제 9 장

제 10 장

<유효이용 방법에 따른 분류>

구 분	원료찌꺼기	처리공정	생성물	유효이용 제품(분야)
녹농지 이 용	탈수찌꺼기	무가공	탈수찌꺼기	비 료
		건조	건조찌꺼기	비료, 녹생토
		건조→탄화	탄화찌꺼기	(탈취제), 컴포스트 첨가제, 토양개량제, 연료
		발효→퇴비화		토양개량제(비료)
		탈수→탈리액	탈 리 액	화학비료의 원료(MAP)
	소 각 재	건조→소각→소성	소 성 물	원예용 세립토
건 설 자재화	소 각 재	(무가공) 또는 고형화(고화)	소 각 재	시멘트 원료, 매립지복토
		소성	소 성 물	경량골재화, 타일, 벽돌, 투수성 벽돌, 도관 등
		가압성형소성	소 성 물	인터로킹 블록
	용융슬래그	(무가공)	용융슬래그	노반재, 콘크리트 골재 등
		(성형)	성 형 품	타일, 장식품
열이용	농축찌꺼기	소화	메탄가스	가온용 연료, 발전 등
	탈수 케이크	다중효용증발	고형연료	연료
		건조	건조찌꺼기	연료
		소각, 용융	폐 열	지역냉난방, 발전



<하수찌꺼기 처리방식에 따른 분류>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

3.1.3 하수찌꺼기 감량화

가. 농 축

- 찌꺼기의 함수율을 저하시켜 고형물농도를 증가시키는 방법으로 소화 및 소각 등과 같은 후속의 단위 공정에 대한 용량감소 및 효율증대를 목적으로 하는 단위공정
- 찌꺼기의 농축성은 투입찌꺼기의 성상, 수온, 운전조건에 의하여 크게 영향을 받는데, 찌꺼기의 성상에 의한 영향인자는 유기물함량, 비중, 입경 등이 있으며 이들은 하수의 배제방식, 지역특성, 수세화율 등에 따라 변함

<하수찌꺼기 농축방법 및 특징>

방법	원 리	형 식	특 징	하수찌꺼기의 적용성	비 고
중 력 농 축	중력을 이용하여 고액분리를 실행하면서 농축시킴	자연 침강형	중력에 의하여 고형물을 자연 침강시키면서 농축 운전비용이 가장 저렴	혼합찌꺼기 초기침전찌꺼기	실적이 많으나 설계치를 밀도는 곳도 많음
		회전 드럼형	고분자응집제를 사용하여 응집된 찌꺼기를 천천히 회전시키면서 여포 또는 금속망을 부착한 드럼	탈수를 전제로 한 농축방법	
원 심 농 축	원심력을 사용하여 고액분리를 실행하면서 농축시킴	Basket (입형)	원심효과 500~2,000G Batch 또는 반연속식	잉여찌꺼기	실적 있음
		분리판형	원심효과 700~9,500G 반연속식 또는 연속식		
		Solid Bowl (회형)	원심효과 500~4,000G 연속식	잉여찌꺼기	실적 있음
부 상 분 리 농 축	고형물입자를 기포에 부착시켜 기포의 부력에 의하여 고형물 입자를 부상시켜 분리농축함	분산공기 부상법	대기압 하에서 다공판 등을 통하여 공기를 불어넣어 기포 발생	효율이 나쁘고 적용성은 낮음	
		용해공기 부상법	수중에 용해된 공기를 기포로서 발생시킴	가압부상형이 적용성은 높음	가압부상형으로서 전가압, 부분가압 방식이 실적 있음
		전해 부상법	물의 전기분해에 의하여 발생하는 수소와 산소를 기포로서 사용한다.	생물처리찌꺼기의 전도성이 낮아 소비전력량이 많음	

나. 탈 수

- 탈수의 목적은 찌꺼기로부터 수분을 제거하여 최종 처분지까지의 운반비 절감 및 매립작업에 지장이 없도록 하며 소각 등을 행할시 찌꺼기의 연료로서의 가치를 높여 보조연료량을 줄이고 열수지를 유리하도록 하기 위함임

<하수찌꺼기 탈수방식 비교>

구 분	자 연 건 조	기 계 탈 수
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 시설비 저렴 · 운영유지비가 적음 · 찌꺼기 성상변화에 대한 영향이 적음 · 건조찌꺼기의 함수율이 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> · 소요부지가 적어 대규모의 하수처리장에 적용가능 · 위생적인 찌꺼기 처리 · 기상조건의 영향 없이 찌꺼기 처리가 가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 소요부지가 넓어 대규모 처리장 적용불가능 · 기상조건(우기)을 고려한 설계와 유지관리가 필요 · 2차 환경문제(악취, 위생문제 등) 유발 	<ul style="list-style-type: none"> · 고가의 유지비 및 운전비가 소요 · 에너지 소비가 비교적 많음 · 화학적 개량이 필요 · 찌꺼기 성상에 따라 탈수효율이 차이가 많이 발생 · 케이크 함수율이 대체로 높음
평 가	· 자연건조방식은 시설비가 저렴하고 경제적인 방식이지만 소요부지확보의 어려움, 2차 환경오염 발생 등의 단점으로 인하여 최근에는 거의 사용되지 않고 있는 실정이며, 현재는 대부분 기계탈수방식을 채택하고 있다.	

<탈수시설의 비교>

항 목	진공탈수기	가압탈수기	원심탈수기	벨트프레스
형 식				
케이크 함수율	72~80%	55~65%	75~80%	76~83%
탈수속도	7~15 kg·DS/m ³ ·hr	3~5 kg·DS/m ³ ·hr	1~150 m ³ /hr	100~150 kg·DS/m ³ ·hr
소요면적	많다	많다	적다	적다
약품주입율 (고형물당)	Ca(OH) ₂ : 25~40% FeCl ₃ : 7~12%	좌 동 (무약품 주입식 있음)	0.7~1.0%	0.5~0.8%
조작조건	흡착탈수: 2.5min 여과탈수: 2.5min 케이크반출: 2.5min	탈수공정: 5min 압출공정: 12min 건조공정: 1.5min 배출공정: 5.5min	—	여포이동속도: 0.4~2.4m/min 여포인장압: 1~3kg/cm ²
약품개량제	소석회+염화제2철	좌 동	고분자응집제	고분자응집제
여포교환	8hr/d 운전시: 5~6개월	8hr/d 운전시: 3개월 (1,500싸이클)	8hr/d 운전시: 2~2.5년 (단, 스크류)	8hr/d 운전시: 약1년
여포세척	필요수량: 많다 세척수압: 2~3kg/cm ²	필요수량: 보통 세척수압: 6~8kg/cm ²	필요수량: 적다	필요수량: 많다 세척수압: 3kg/cm ²
케이크배출	여포의 이동에 의한 연속배출	싸이클마다 여포실개방과 여포이동에 따라 배출	스크류에 의해 연속배출	여포의 이동에 의해 연속 배출
연소조작	간편	간편	간편	간편
소 음	보통	보통(간헐적)	보통(패키지부착)	적다
동력	많다	많다	많다	적다
보조기류	많다	많다	많다	적다
소모품	보통	보통	많다	적다

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

다. 수처리 공정내 찌꺼기 감량화

○ 하수찌꺼기 종류에 따른 처리공정별 감량화율은 다음과 같음

<하수찌꺼기 종류에 따른 처리공정별 감량화율>

단위공정	조 건	감 량 율		비 고
		체적	DS	
생슬러지	함수율 : 99%	100 (1)	1	· 1차슬러지 + 잉여슬러지
농 축	농축후 함수율:96%	25 (1/4)	1	· 농축 후 체적 = $DS / ((100 - \text{함수율}) \times (1/100))$ = $1 / 0.04 = 25$
소 화	VS : 60% 소화율 : 50% 소화후 함수율:95%	14 (1/7)	0.7	· 소화후의 DS = $1.0 \times 0.6 \times 0.5 + 1.0 \times 0.4$ = 0.7 · 소화후의 체적 = $0.7 / 0.05 = 14$
탈 수	약품주입율 : 1% 탈수후 함수율:75%	2.8 (1/36)	0.7	· 탈수후의 DS = $0.7 \times 1.01 \approx 0.7$ · 탈수후의 체적 = $0.7 / 0.25 \approx 2.8$
소 각	외관비중 : 0.8	0.5 (1/200)	0.4	· 소각감량분 = 케이크중의 유기분 = $1.0 \times 0.6 \times 0.5 = 0.3$ · 소각후의 체적 = $0.4 / 0.8 = 0.5$

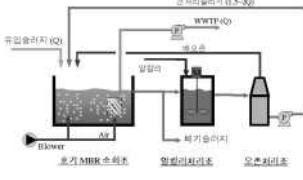




주) 하수도시설기준(2011, 환경부)

<처리목적 및 기능에 따른 분류>

처 리 기 술	처 리 방 법	
생물화학적 처리방법	· 고온 호기성 세균을 이용한 방법	· 소화균을 이용하는 방법
화학적 처리방법	· 오존을 이용한 처리방법	· 전기분해를 이용한 처리방법
	· 알칼리 약품처리법	· 펜톤 처리법
	· 초음파를 이용한 처리방법	
물리적 처리방법	· Cavitation 파쇄법	· 초임계수를 이용한 방법
	· Mill 파쇄법	
복합 처리방법	· 알칼리 처리 + 기계적 파쇄	· 감압파쇄 + 가열 + 초음파

1) 수처리 공정내 하수찌꺼기 감량화 공법검토

<하수찌꺼기 감량화기술의 분류>

구 분	오 존 처 리	열 적 산 화	에스테프로세스
시설개요	오존투입을 통한 세포 및 유기물 분해 후 효율증진	고온, 고압에서 가수분해, 산화반응으로 CO ₂ , H ₂ O로 분해	호열균의 효소에 의해 유기성 잉여찌꺼기 분해감량
공정형상			
Vs 감량율	70%	90%	80%
케익발생저감율	60%	80%	70%
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 기존시설에 유리 · 초기투자비 · 비교적 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> · 감량효율 높음 · 하수찌꺼기 발생량 적음 	<ul style="list-style-type: none"> · 감량 효율 높음 · 유지관리 용이
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 대용량시설 적용 불리 · 오존시설 비대화 · 국내적용 사례적음 	<ul style="list-style-type: none"> · 고온/다소고압으로 운영의 난이도 · 수처리부하 증가 · 국내적용 사례적음 	<ul style="list-style-type: none"> · 유지관리비 상승 · 수처리부하 증가 · 국내적용 사례적음
구 분	오 존 처 리	열 적 산 화	비 고
시설개요	초음파를 통한 세포액 파괴로 소화효율 증진	전극을 통한 전류공급으로 찌꺼기 수분 제거	
공정형상			
Vs 감량율	60%	50%	
케익발생저감율	10~20%	50%	
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 운전비용 저렴 · 시공 간편 · 유지관리 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 시공 간편 · 유지관리 용이 · 건축소요면적 최소 	
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 생/잉여찌꺼기 분리 · 초음파 발생장치 주기적 교체 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 적용실적 미비 	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

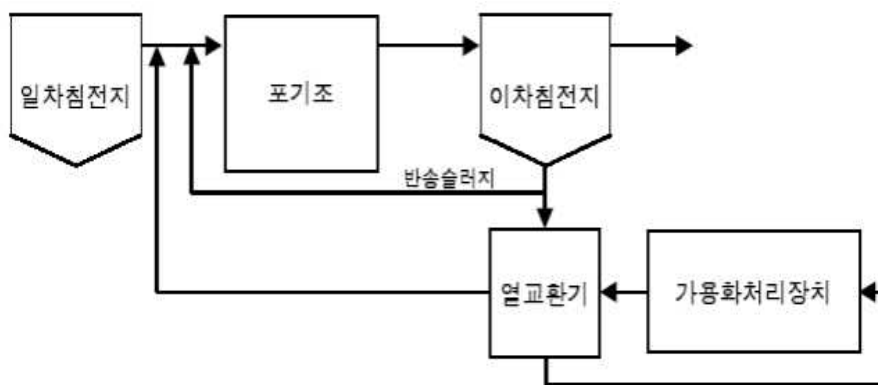
제 9 장

제 10 장

라. 잉여찌꺼기 감량화

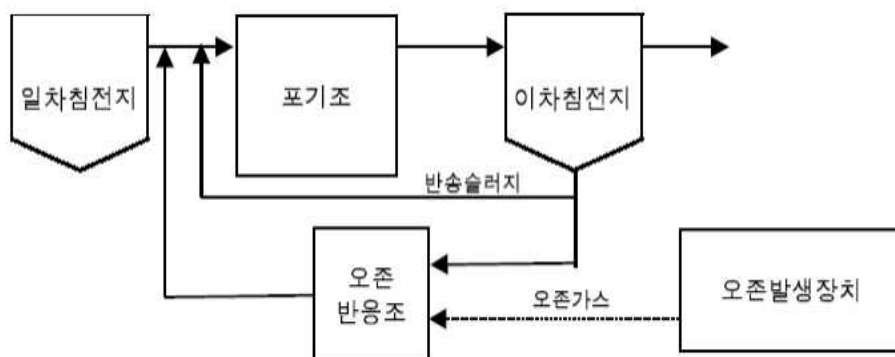
1) 고온호기성세균을 이용한 감량화

- 가용화처리시설에서 약 55~65℃로 활성찌꺼기를 가열하면 활성찌꺼기를 보호하는 점성물질이 해체됨
- 고열호기성세균이 가열에 의해 활성화되어 효소를 분비하고 이 효소가 세포벽을 파괴하여 파쇄가 이루어져 원형질이 용출됨
- 원형질은 BOD성분으로 고열호기성세균이 일부 분해하고 나머지는 생물반응조로 유입되어 최종적으로 이산화탄소로 분해되고 일부는 생체합성에 사용되어 잉여찌꺼기가 감량됨



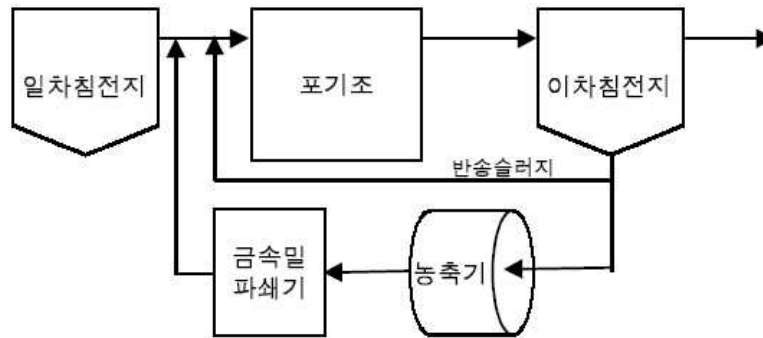
2) 오존산화를 이용한 감량화

- 오존의 산화력을 이용하여 잉여찌꺼기를 산화·분해·감량화하는 기술임
- 잉여찌꺼기를 생분해성이 높은 유기물인 RBD-COD(Readily Biodegradable COD)로 전환시켜 하수처리공정으로 순환시키고 미반응된 유기찌꺼기와 무기찌꺼기를 분리하여 재순환시킴으로서 하수고도처리시 질소제거를 위해 필요한 유기탄소원으로 활용하고, 나머지는 생물반응조 미생물에 의해 분해·제거됨



3) 금속밀의 마찰력 및 마찰열을 이용한 감량화

- 잉여찌꺼기를 농축 후 금속밀파쇄기에 유입시키고 금속밀을 상호 유동시켜 불과 불사이의 마찰력과 마찰열에 의해 활성찌꺼기의 세포벽을 강제적으로 파쇄하여 가용화시킨 후 반응조로 유입시켜 최종적으로 이산화탄소로 분해되고 일부는 생체합성에 사용되어 잉여찌꺼기를 감량화함



<감량화기술의 특징과 장단점 비교>

구 분	고열호기성세균 감량화기술	오존산화 감량화기술	금속밀 감량화기술
실용화 연도	· 1998년	· 1994년	· 2000년
가용화 원리	· 고열호기성세균(효소)	· 오존산화(물리화학적처리)	· 밀 파쇄(기계적 파쇄)
주요기기	· 고열호기성세균, 배양조 (가용화조), 열교환기, 송풍기, 가온설비	· 오존반응조(가용화조) 오존발생기, pH조정설비, 폐오존 처리장치	· 밀 파쇄장치, 농축기
장 점	· 운전비 저렴 · 2차 오염 적음 · 일부 무가화되어 반류부하 감소	· 반응이 빠르고 시설이 컴팩트화	· 시설이 컴팩트화
단 점	· 시설면적이 크다 · 가용화조에서의 취기 발생	· 오존발생기 유지관리복잡 · 가용화액의 반류부하 큼 · 반응조의 발포현상 우려 · 침강성이 약간 불량	· 가용화액의 반류부하 큼 · 금속볼의 교체비용 고가 · 침강성 불량 · 전기소비량 많음
공통단점	· 처리수질 악화 - COD : 10~50% 상승 - T-P : 30~80% 상승	· 처리수질 악화 - COD : 10~40% 상승 - T-P : 50~90% 상승	· 처리수질 악화, - COD : 10~40% 상승 - T-P : 50~90% 상승
감량화율	· 분류식 : 90~95%	· 분류식 : 95~98%	· 합류식 : 85~88%
실적여부	· 하수(산화구법, 표준활성슬러지법) 공장폐수 등에 적용	· 하수(산화구법), 공장폐수 등에 적용	· 공장폐수에 적용

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

마. 하수찌꺼기의 감량화

- 하수처리시설에서 일반적으로 탈수공정을 거친 하수찌꺼기의 함수율은 78~80%정도임
- 최종 함수율을 최대한 낮출수록 후속 중간처리 및 최종처분 공정의 소요 용량이 작아짐

<전기침투 탈수 검토>

구 분	내 용	비 고
원 리	<ul style="list-style-type: none"> · 1차 탈수된 케이크를 양극 드럼과 음극 드럼 캐터필러 사이에 공급하여 양극간에 삼상교류전압을 인가하여 여러 가지 하수찌꺼기의 세포내 결합수를 강하게 음극측으로 밀어내어 고효율의 탈수가 가능함 	
전기침투 과정	<ul style="list-style-type: none"> · 초기전기침투 : 전기영동 작용에 의한 하수찌꺼기 입자(-)가 양극측 이동 · 중기전기침투 : 전기침투 작용에 의한 분리수가 음극측으로 탈수 · 말기전기침투 : 하수찌꺼기의 세포막이 파괴되어 결합수가 배출 · 세포막 파괴 : 하수찌꺼기의 결합수가 모세관 압력에 의해 음극측으로 탈수 	
특 징	<ul style="list-style-type: none"> · 기계적으로 불가능했던 저함수율 영역까지 탈수가 가능 · 하수찌꺼기의 성상이 변화해도 전기침투인가전압의 설정에 의해 함수율을 자유로이 조절 가능 · 고분자 응집제 첨가를 줄여 사용전력을 고려해도 운영비가 낮음 · 하수찌꺼기처리에 있어 저함수율이므로 운반비(매립), 연소비(소각), 수분조정(퇴비화)등의 비용이 절감 	

바. 기타 감량화 기술

- 현재 개발되어 있는 하수찌꺼기 감량화 기술은 주로 농축찌꺼기에 대하여 초음파, 오존, 고온호기성세균, 용균성산화제, 물리적 파쇄장치 및 이들을 조합한 감량기술 등을 적극적으로 개발하고 있으며, 일부에서는 상용화하여 실제 하수찌꺼기 발생량이 상당히 감소한 것으로 보고되어짐
- 하지만 국내 하수처리시설에서는 적용실적이 거의 없는 실정임

3.1.4 하수찌꺼기 안정화

- 안정화란 여러 정의가 있을 수 있으나 일반적으로 하수찌꺼기 처리시 안정화는 악취감소, 질병 등을 유발하는 병원균 제거, 화학적 독성제거, 탈수증진의 효과가 있음

<처리방법에 따른 하수찌꺼기 안정화 효과>

처 리 방 법	안정화 효과			
	악취제거	살 균	독성제거	탈 수
혐기성소화법	+	+	+ ^{a)}	+
호기성소화법	+	+	O	-
Lime 처리법(Ca(OH) ₂)	+	+	+ ^{b)}	+
Quicktime 처리법(CaO)	+	++	++ ^{b)}	+
퇴 비 화	+	+	O	NA
Long-Term Lagooning	O	+	O	+
염소처리법(Chlorination)	+	++	O	+
이온처리법(Ionizing Radiation)	+	++	O	O
자외선조사법(Irradiation)	O	++	O	O
살 균 법	-	++	O	+
건 조	++	++	O	NA
소 각	++	++	O	NA

주) - : negative effect, O : not very effective, + : somewhat effective, ++ : very effective
 NA : not applicable, a) : supernatant removal, b) : reduction of soluble

가. 소 화

- 하수찌꺼기 소화는 유기물을 감소시키고 안정화시키는 것이 목적임
 ○ 하수찌꺼기는 적절한 소화온도로 소화일수를 거치면 유기물은 가스화되어 25~60% 정도 감소함

<하수찌꺼기 소화방식 비교>

구 분	혐기성 소화방식	호기성 소화방식
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 소화에 소요되는 동력이 적다 소화찌꺼기는 탈수가 쉽다 안정한 최종생산물을 얻는다 CH₄와 같은 유용한 가스 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 처리기간이 단기간 취발성 고형물의 감소효율이 좋다 악취가 없고, 안정한 최종생산물을 얻는다 운전이 비교적 쉽다 건설비가 적게 든다
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 처리기간이 길고, 온도, pH, 알칼리도, 암모니아 등에 영향을 받으며 운전이 어렵다. 건설비가 많이 든다 	<ul style="list-style-type: none"> 산소공급을 위한 동력비가 많이 든다 소화찌꺼기는 기계적으로 잘 탈수되지 않는다 메탄과 같은 유용한 부산물이 얻어지지 않는다
평 가	<p>· 호기성 소화방식은 처리기간이 단기간이라는 장점이 있으나, 산소공급을 위한 동력비가 많이 요구되어 대규모 하수처리장의 찌꺼기 소화방식은 혐기성 소화방식으로 구성되어 있는 것이 대부분이다</p>	

1) 혐기성 소화

- 혐기성 소화는 반응조내에 분자상태의 산소가 존재하지 않는 상태에서 유기물 및 무기물의 분해가 이루어지며 현재까지 주된 용도는 하수처리, 폐수처리 및 일부 공장폐수처리에 주로 이용되고 있음
- 혐기성 소화시 메탄(CH_4) 및 탄산가스(CO_2)를 포함하는 다양한 최종생성물이 발생함

<완전혼합 소화조 설계를 위한 고품을 체류시간>

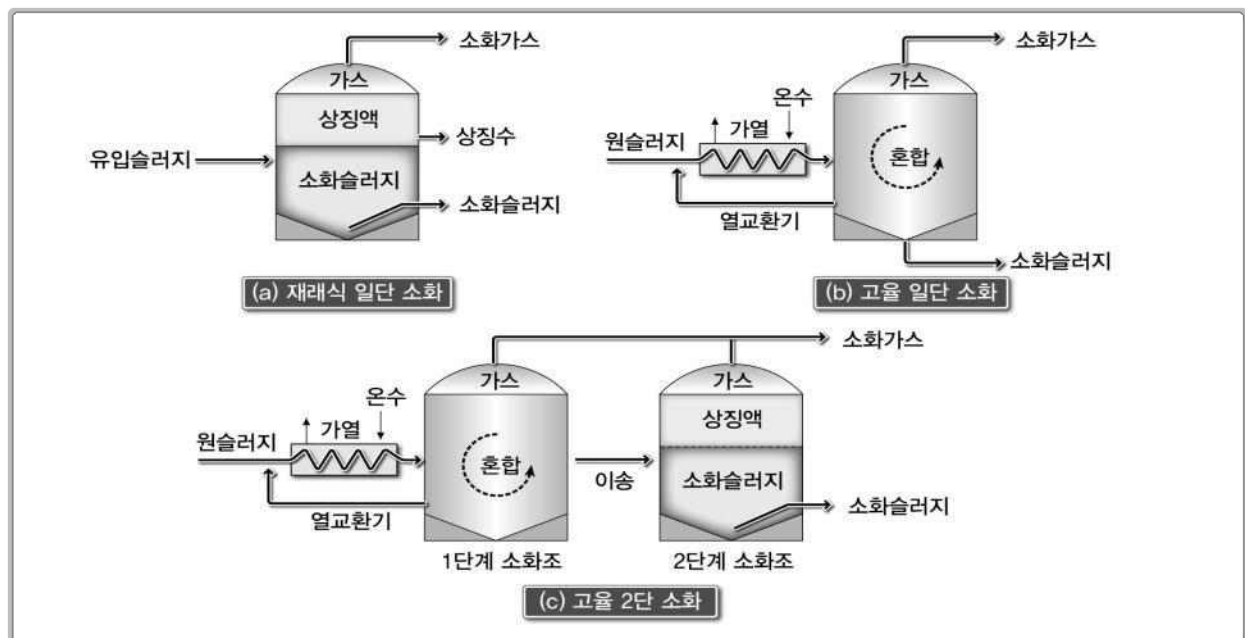
운전온도(°C)		최소 SRT(일)	제안되는 SRT(일)	비 고
중온소화영역	29	14	25	
	35	10	20	
	38	10	20	
고온소화영역	54	7	15	
	60	7	10	

주) 하수도시설기준(2011, 환경부)

<소화가스 성분의 예>

메 탄	이산화탄소	수 소	질 소	황화수소	비 고
55~65	25~35	0~2	0~6	0.01~0.10	

주) 하수도시설기준(2011, 환경부)



<전형적인 혐기성 소화조>

2) 호기성 소화

- 호기성소화란 찌꺼기 중의 유기물을 호기성 미생물의 작용에 따라 분해하고 소화찌꺼기와 탈리액 및 가스를 최종적으로 생산하는 공정임
- 호기성소화에 의해 찌꺼기 중의 유기물은 20일 정도에 30~50%가 감소되고 탄산가스와 물이 생성됨



<하수찌꺼기 처리와 처분에 대한 process 조합>

나. 화학적 안정화

1) 염소산화

- 염소산화법은 염소가스를 다량 주입하여 찌꺼기를 화학적으로 산화시키는 방법
- 밀폐된 반응조에서 단시간 동안 액상찌꺼기와 염소를 접촉시킴으로써 부패작용을 수행하는 미생물을 살균하고 이에 따라 부패와 악취를 화학적으로 방지하고 병원균도 살균 가능함

2) 석회안정화

- 생찌꺼기에 석회를 충분히 가해 pH를 12이상으로 높여 미생물이 생존 할 수 없는 환경 조성
- 석회안정화에서는 탈수에서 필요한 양보다 다량의 석회가 요구되며 다시 pH가 낮아지면 미생물이 증식하여 부패하기 때문에 pH가 상당히 낮아지기 전에 찌꺼기를 처분해야 함

<액상 슬러지의 안정화를 위한 석회 주입량 : 전석회처리시>

슬러지 형태	고형물질 농도, %		석회주입량 (lb Ca(OH) ₂ / lb as TS)		비 고
	범위	평균	범위	평균	
1차 슬러지	3.0~6.0	4.3	120~340	240	
폐활성슬러지	1.0~1.5	1.3	420~860	600	
호기성 소화	6.0~7.0	6.5	280~500	30	
부 패 조	1.0~4.5	2.7	10~1,020	400	

주) Water Pollution Control Federation : Sludge Thickening, Manual of Practice FD-1, 1980

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

다. 개 량

- 찌꺼기의 개량은 찌꺼기의 탈수특성을 좋게 하기 위해 실시함
- 개량방법은 약품처리와 열처리방법이 가장 많이 사용되며, 그 외 냉동과 방사선처리법도 시도됨
- 세척방법은 물리적 방법으로서 약품처리를 위한 약품요구량을 감소시키기 위해 실시됨

1) 세 척

- 찌꺼기의 세척은 소화찌꺼기를 물과 혼합시켜 재침전시키는 방법으로 약품처리시 약품요구량을 감소시키기 위한 것이 목적임
- 세척방법은 단계식, 다단계병류식, 다단계향류식 등이 있지만 비경제적인 이유로 현재는 거의 사용되지 않고 있는 실정임

2) 열처리

- 찌꺼기에 온도변화를 가해 colloid의 응집작용과 세포막 파괴에 의한 세포내 수분이탈에 의해 탈수성을 높이는 방법
- 찌꺼기를 고온처리하면 단백질이 용해되어 BOD가 매우 높아지는데, 이로부터 분리된 상징액을 탄소원이 필요한 탈질조에 반송함으로써 탄소원 부족문제를 해결할 수 있는 장점이 있음

3) 약품처리

- 수처리시설에서 배출되는 찌꺼기는 농축조에서 96~98%의 함수율을 가지게 되어 탈수효율이 좋지 않게 되고 이에 따라 찌꺼기의 탈수특성을 좋게 하기 위해 화학약품을 사용하여 개량함
- 사용되는 화학약품은 정수나 폐수처리를 위하여 사용되는 응집제로서 백반(Alum), 각종 철염이 대표적이며, 최근에는 유기합성에 의한 고분자전해질(Polyelectrolyte)이 개발되어 많이 사용되고 있음
- 일반적으로 진공탈수기와 가압탈수기에는 무기성 응집제를, 원심탈수나 벨트프레스 탈수기에는 유기성 응집제를 사용한다.

3.2 인천광역시 하수찌꺼기 처리현황

○ 현재 운영 중인 인천광역시 공공하수처리시설 하수찌꺼기 처리시설임

<인천광역시 공공하수처리시설의 하수찌꺼기 처리시설>

구 분		농 축		탈 수		안 정 화	비 고
		생찌꺼기	잉여찌꺼기	방 식	함수율(%)		
가 좌	1단계	원심농축	원심농축	원심탈수	75.0	혐기성소화	배양조설치
	2단계	중력농축	원심농축	원심탈수	75.0	-	
승 기		중력농축	원심농축	Belt Press	75.0	혐기성소화	
만 수		-	원심농축	원심탈수	80.0	-	
남 향		-	원심농축	원심탈수	75.0	-	
공 촌	1단계	-	원심농축	원심탈수	80.0	-	슬러지시설개량
	2단계	-	원심농축	원심탈수	80.0	-	시설증설
검 단		-	원심농축	원심탈수	76.0	-	
송 도	1단계	중력농축	부상식농축	원심탈수	74.9	-	
	2단계	-	원심농축	원심탈수	80.0	감량화시설설치	
운 북	1단계	-	원심농축	원심탈수	80.0	-	
	2단계	-	원심농축	원심탈수	80.0	-	
영 종		-	원심농축	원심탈수	80.0	-	
송 산		-	원심농축	원심탈수	65.0	감량화시설설치	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

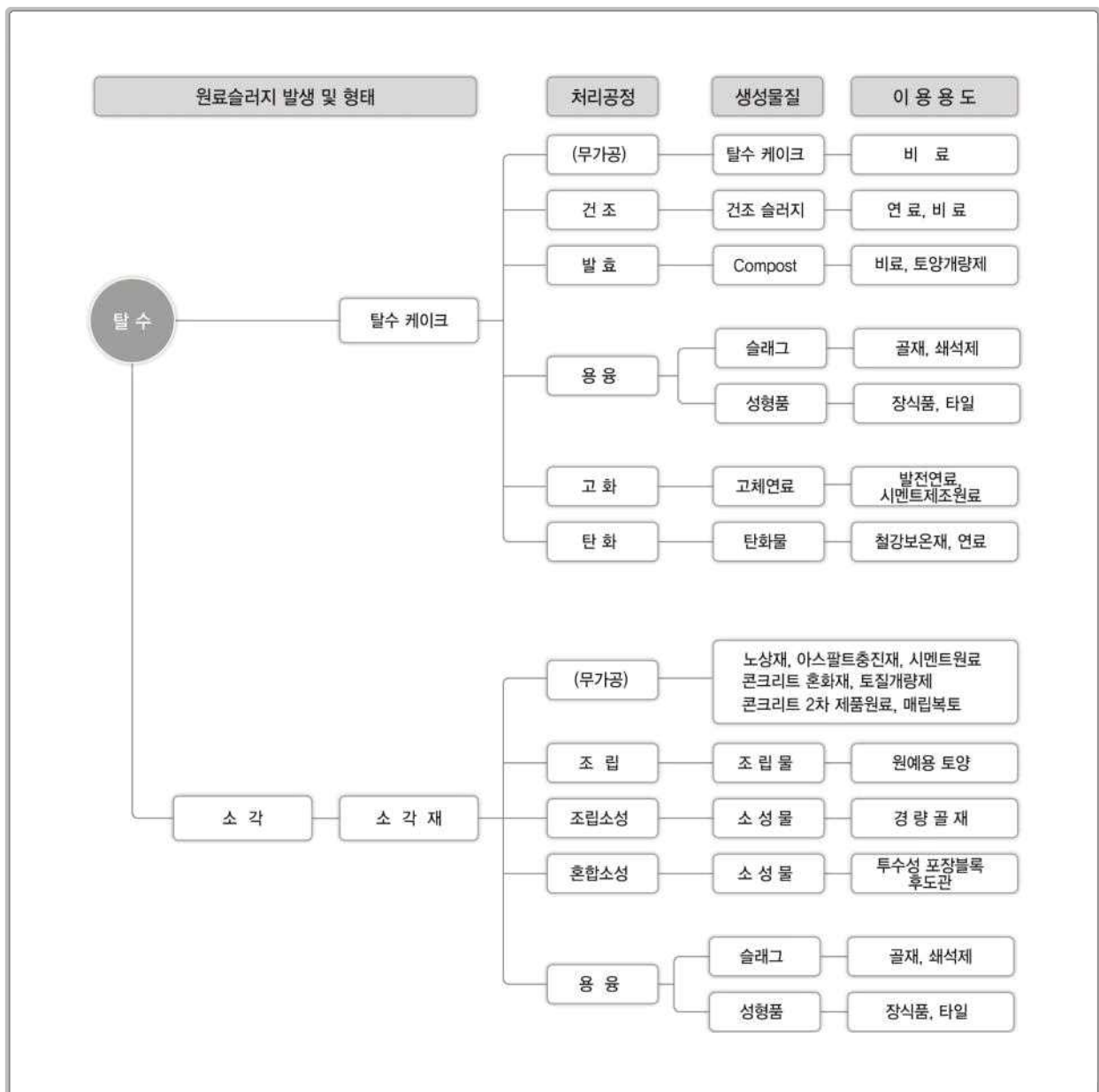
제 9 장

제 10 장

3.3 하수찌꺼기 처분계획

3.3.1 개 요

- 하수슬러지의 직매립 및 해양투기의 금지로 인해 경제적이고 효율적인 하수슬러지 처리를 위한 중장기 정책방향을 수립해야하는 상황임
- 하수슬러지의 적정처리를 위해 다각적인 노력을 기울여야 하며, 하수슬러지의 발생으로부터 최종처분에 이르기까지 국내여건과 외국사례 등을 충분히 검토하여 중장기적 정책방향의 수립이 필요함



<최종처분 방법에 따른 중간처리과정>

3.3.2 탈수케이크의 중간처리 방법

가. 소 각

- 소각은 공기 중의 산소를 이용하여 가연성 물질은 연소시키는 방법으로 최근의 매립지난 해소를 위한 폐기물의 감량화, 전염병 예방을 위한 화학적·물리적인 안정화, 부패성 물질처리를 위한 무해화 폐기물의 처리공법으로 많이 이용되고 있음

<소각처리시설의 장·단점>

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> · 처리부산물의 시멘트원료화가 용이하여 수요처 확보가능 · 하수 및 정수, 폐수찌꺼기 등 적용범위 큼 · 감량효과 우수 · 국내 설치사례가 타방식보다 많음 · 기술적 신뢰성 안정성 우수 · 국내외 기술 수준 우수 · 안정적이고 위생적 처리 · 폐열활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 고급 운영기술 필요로 운영관리 난이 · 대기 및 수질, 소음진동 등 환경영향 큼 · 소각재 중금속 용출 영향이 있음 · 대규모 환경오염방지시설 필요 · 환경영향으로 민원야기 · 민원발생으로 소요사업기간 장기간 필요 · 비교적 건설비 및 저분비 고가

- 하수찌꺼기 소각에 사용되고 있는 소각방식은 국가별·지역별 특성에 따라 다르나 일반적으로 연소가스의 유동방향에 의한 분류와 연소공정에 의한 분류 및 고체연소방법에 의한 분류, 소각로의 형식과 구조에 의한 분류 등으로 구분됨



<소각방식의 분류>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

1) 하수찌꺼기 소각로 비교검토

- 하수찌꺼기 소각로 선정은 찌꺼기의 물리·화학적 특성, 건설비용, 유지관리의 난이도, 운전 숙련도, 대기오염 등의 2차 환경오염문제, 소각로 설계능력, 경제성 등에 의해 결정되어야 하며 주로 찌꺼기처리에 사용되고 있는 소각로에 대한 비교는 다음과 같음

<소각방식 평가 비교표>

구 분	다단소각로	유동층소각로	회전소각로	비 고
건 설 비	중	중	중	
내 구 성	대	대	중	
처리량 범위(습윤기준)	50~6,000kg/hr	50~6,000kg/hr	100~3,000kg/hr	
소각의 용이성	아주용이	아주용이	비교적 용이	
승온시간	40min~1hr	20~40min	30~50min	
공 기 비	1.4~2.0	1.3	2.4~3.2	
열부하량(Kcal/m ³ ·hr)	70,000~150,000	150,000~450,000	70,000~100,000	
소각온도(℃)	700~900	750~850	700~900	
소각건조병행	가능	가능	가능	
보조연료사용량	중	적음	많음	
분진발생량(g/Nm ³)	0.85~2	5~30	3~6	
혼합소각 가능성	가능	가능	가능	

2) 소각기술의 적용검토

- 공정상 특성
- 찌꺼기의 특성상 발열량이 낮고, 수분함량 때문에 건조 등의 전처리 필요
 - 찌꺼기의 소각처리시 낮은 발열량으로 보조열원이 필요하거나, 발열량이 높은 고분자 폐기물의 혼합처리 등 검토
 - 생활폐기물 소각로와 비교해 폐열을 통한 에너지회수 및 재활용이 낮음
- 법적 한계성
- 찌꺼기의 특성상 성상이 단순하고, 소각처리를 통한 오염물질의 배출량이 낮음
 - 대기오염물질 배출허용기준 및 시설설치에 따른 각종 관계법규가 완화될 필요가 있음
- 환경성
- 소각시 미세분진의 발생량이 높기 때문에 분진제어 방안이 강구
 - 배출되는 대기오염물질인 다이옥신 및 산화물 등이 낮은 농도로 발생
 - 소각 후 발생하는 비산재 및 바닥재의 경우 다량의 중금속을 함유하고 있기 때문에 이에 대한 처리가 명확해야 함
- 경제성
- 소각로, 건축, 토목 등의 종합처리시설로서 설치비용 및 처리비용이 다른 처리기술과 비교해 고가임
 - 반입호퍼 및 건조기 주변의 악취처리와 소각재의 처리에 대한 비용
 - 찌꺼기의 발열량이 낮을시 열원을 확보하기 위해 보조연료를 이용하기 때문에 운전비용이 증가

나. 건 조

- 건조는 찌꺼기의 재활용(토양화, 시멘트 자원화 등)이나 소각, 용융, 도시쓰레기 혼소등에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있음
- 건조의 최대특징은 공정에 필요한 찌꺼기의 수분을 조절할 수 있어서 효율적인 건조가 가능함
- 재활용을 위한 찌꺼기 건조는 찌꺼기의 부피를 감소시킬 뿐만 아니라 고형물질(DS)농도를 높이고 부패, 변질을 방지하고 병원균을 사멸시키는 역할을 하므로 취급이 용이하며 위험성이 없음

<건조방식의 종류>

구 분	종 류	비 고
하수찌꺼기의 목적	· 완전건조, 부분건조	
건조 방식	· 연소열 이용 : 직접건조, 간접건조 · 가열방식 이용 : 직접가열건조방식, 간접가열건조방식	
건조 방법	· Flash Drying, 부분건조, 열화풍건조, 간접가열건조, 감압증발건조	
건조기 형식	· 유동상건조기, 드럼건조기, 디스크건조기, 패들건조기	

<찌꺼기 건조처리방안 장단점>

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> · 처리주기 단기간 · 감량효과 양호 · 비교적 운영관리 용이 · 기술적 신뢰성 안정성 우수 · 처리과정 단순하여 운영관리 용이 · 기술적 신뢰성 안정성 우수 · 국내외 기술 수준 우수 · 건설비 저렴 · 소요면적 비교적 작음 	<ul style="list-style-type: none"> · 건조찌꺼기의 악취발생으로 민원발생 우려 · 건조찌꺼기 시멘트원료화의 경우 민원발생으로 재이용 어려움 예상 · 처리부산물 재이용 불가시 추가 처분비 소요 · 건조를 위한 연료소요량이 많아 유지관리 고가

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

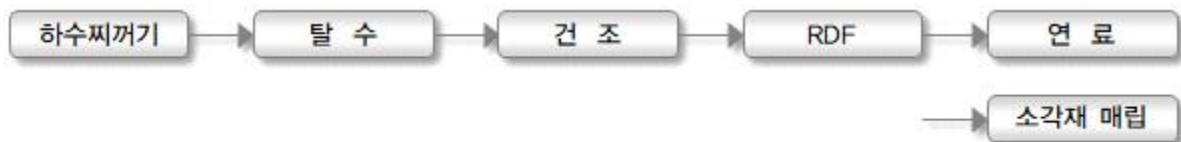
제 10 장

1) 하수찌꺼기 처리목적

○ 완전건조 : 하수찌꺼기의 수분함량이 약 10~30% 이하인 상태를 말하며 주로 하수찌꺼기의 재활용을 위해 사용



○ 부분건조 : 함수율이 높은 하수찌꺼기를 직접 소각하거나 도시쓰레기를 혼합 소각할 경우 수분 증발에 많은 연료가 소모되므로 소각로 투입 전단계에 건조로를 설치하여 미리 하수찌꺼기를 적절히 건조하는 방식



2) 건조방식

○ 하수찌꺼기 건조방식에 따라 연소열을 이용한 직접건조방식과 증기를 이용한 간접건조방식이 있으며 건조방식 비교는 다음과 같다.

<직접건조방식과 간접건조방식 비교>

항 목	직접 건조방식 (대류전열방식)	간접 건조방식 (전도전열방식)
구조 및 원리	<p>소각로에서 발생하는 연소가스와 찌꺼기가 건조기 내에서 직접 접촉하여 연소가스의 대류에 의하여 찌꺼기를 건조하는 방식</p> <p>연소가스 또는 더운공기 → 수증기 → 가스와 수증기</p>	<p>소각로에서 발생하는 연소가스 또는 열교환에 의하여 생산된 열매체(또는 Steam)건조에 설치된 배관에 통과시켜 찌꺼기를 건조하는 방식</p> <p>공 기 → 수 증 기 → 열 전 달 → 열 매 체</p>

<직접건조방식과 간접건조방식 비교(표계속)>

항 목		직접 건조방식 (대류전열방식)	간접 건조방식 (전도전열방식)
건 조 짜꺼기 특 성	함수율	10% 이하	10%~ 60%
	성 상	분말, 입상	입상
비 중	발열량	0.7 이하	0.7~1.1
	안정성	2,000kcal/kg내외(습윤저위기준)	1,500kcal/kg내외(습윤저위기준)
저장성	생물, 물리적으로 안정	가능	생물, 물리적으로 변화가 용이
	불리		
후 속	퇴비화	양호	우수
	고 화	양호	우수
연 계	연료화	양호	우수
	소 각	우수	양호(열활용측면에서는 우수)
용이성	용 용	우수	양호(열활용측면에서는 우수)
열전달 효율		높다	낮다
열회수 효율		낮다	높다
열매체 온도		200 ~ 400℃	200℃ 전후의 증기 등
건조능력		크다	적다
설치비용		저렴	고가
설치면적		소	대
설비구성		간단	복잡
건조배가스량		대	소
건조속도		빠름	느림
유지보수성		용이	어려움
안전성		화재위험성 산재	인천
건조기 종류		회전, 밴드, 유동층, 기류, 분무	디스크, 패들, 원반, 스피럴

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

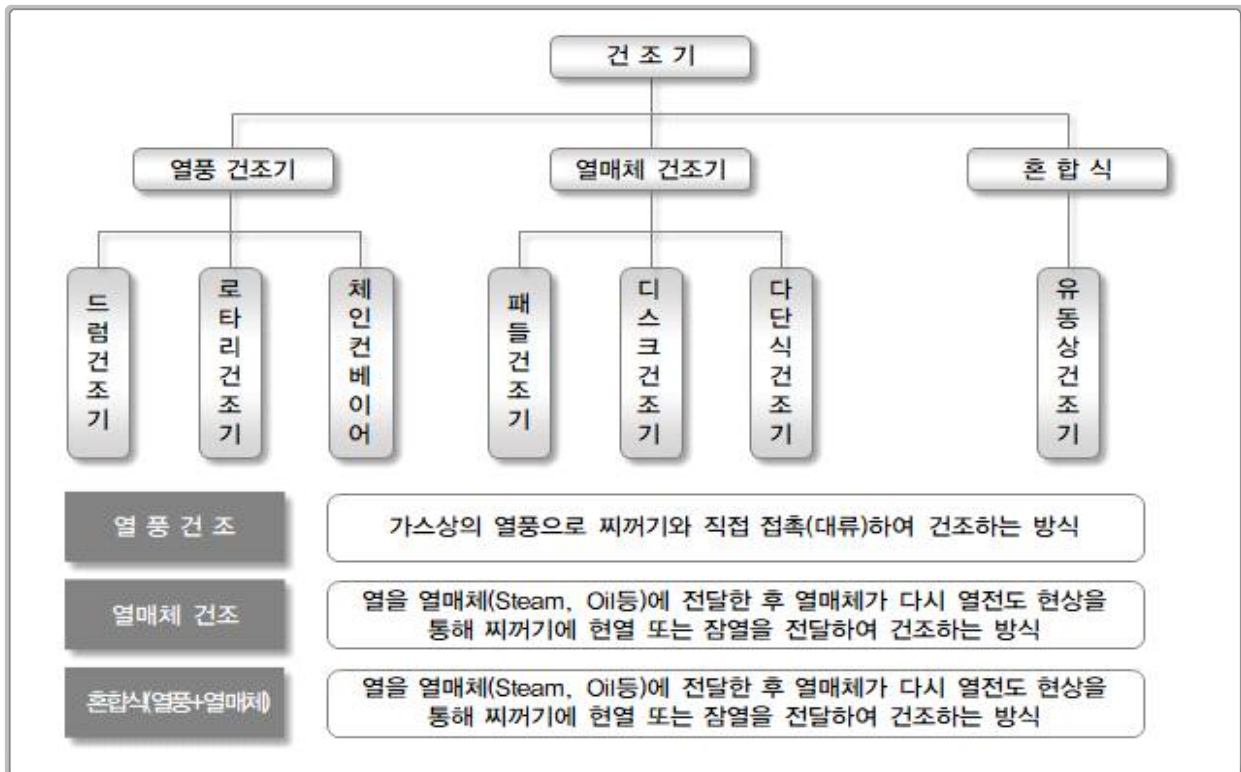
제 10 장

3) 건조형식

◦ 건조공정에서는 효율이 높은 건조기를 선정하는 것이 중요하며 선정시 고려사항은 하수찌꺼기의 발생량, 찌꺼기의 성상, 환경적 측면(분진, 악취 등), 기술신뢰도, 보수유지, 운영의 용이성, 경제성 등

<열원종류에 따른 건조기 분류>

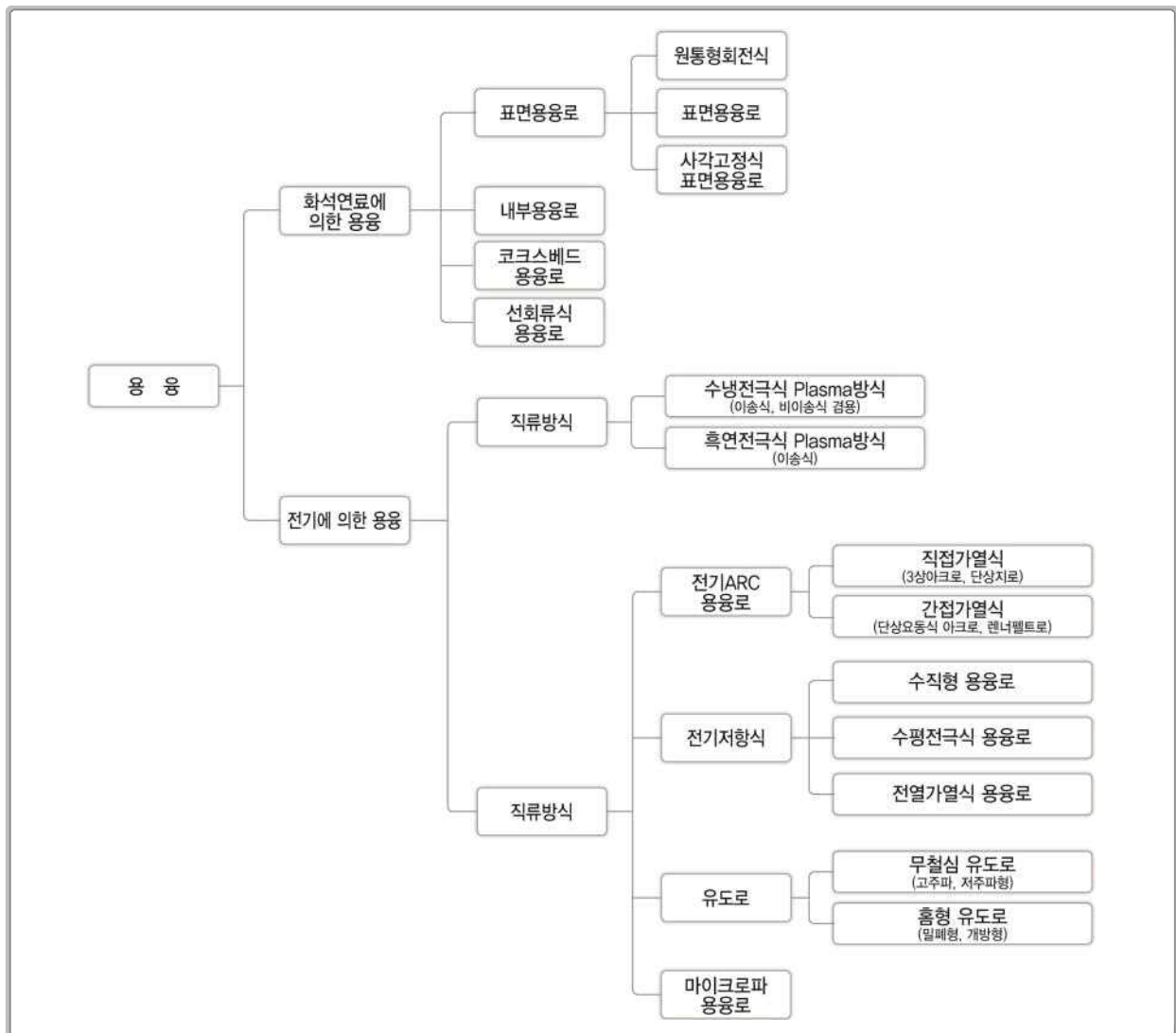
항 목	직접 건조방식 (대류전열방식)	간접 건조방식 (전도전열방식)
열전달 효율	높다	낮다
열회수 효율	낮다	높다
열매체 온도	200 ~ 400℃	200℃ 전후의 증기 등
건조능력	크다	적다
설치비용	저렴	고가
설치면적	소	대
설비구성	간단	복잡
건조배가스량	대	소
건조속도	빠름	느림
유지보수성	용이	어려움
안전성	화재위험성 산재	인천
건조기 종류	회전, 밴드, 유동층, 기류, 분무	디스크, 패들, 원반, 싼필름



<열원종류에 따른 건조기 분류>

다. 용 용

- 하수찌꺼기의 용용은 매립지 확보가 곤란한 경우 및 하수찌꺼기 소각을 이용한 감량화가 어려운 대도시 및 하수찌꺼기 광역처리 사업 등 대량의 하수찌꺼기를 처리하는 경우에 도입되기 시작한 방법임
- 하수찌꺼기의 용용은 감량화, 안정화 및 자재화가 가능하여 유효이용의 장점이 있음
- 하수찌꺼기 용용은 용용의 목적과 슬래그의 이용방법을 고려한 시스템으로 할 필요가 있음
- 하수찌꺼기 용용시스템은 전처리장치, 용용로, 열 회수장치, 배가스 처리장치 및 슬래그 생성장치의 각 단위공정으로 구성하는 것이 일반적임



<용용방식의 분류>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

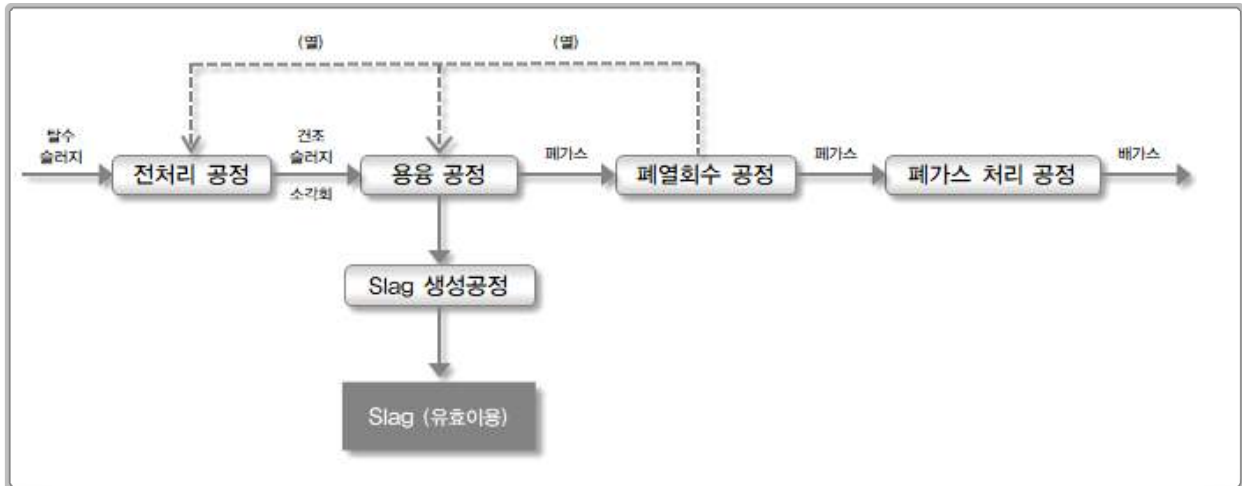
제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

- 하수찌꺼기의 용융설비의 특징은 용융공정의 온도가 1,200~1,500℃로 대단히 높음
- 하수찌꺼기에 대한 효과는 3가지로 나타낼 수 있다



<용융방식의 분류>

1) 하수찌꺼기의 감량화

- 하수찌꺼기를 감량화하는데 그 정도는 대상 하수찌꺼기의 성상(함수율, 유기물 함량 등) 및 생성 슬래그의 형상에 따라 차이가 큼
- 유기계 찌꺼기(유기응집제를 사용한 하수찌꺼기 케익)를 감량화하여 슬래그화한 경우 하수찌꺼기 케익을 기준으로 1/15~1/20정도가 되며, 건조찌꺼기(완전건조) 기준으로 1/9정도가 되며, 소각재를 기준으로 하면 1/3정도가 됨
- 무기계 찌꺼기(소석회 및 염화제2철을 사용한 하수찌꺼기 케익)를 용융하여 슬래그화한 경우 하수찌꺼기 케익(소석회의 약품주입율은 고형물의 40%)을 기준으로 1/3정도 감량화함

2) 하수찌꺼기의 안정화

- 용융 슬래그 중에서 하수찌꺼기 케익 중의 유기물이 완전히 산화·연소하여 무기물인 회분으로 안정화
- 용융슬래그 중에 포함된 카드뮴 등의 중금속도 고정화되기 때문에 폐기물 공정 시험법 상의 용출시험에서도 용출 값이 매우 낮게 나타나 용융은 하수찌꺼기의안정화에 매우 효과적임

3) 하수찌꺼기의 자재화(용융 슬래그의 이용)

- 하수찌꺼기 용융 시스템 중 슬래그 생성공정은 슬래그의 냉각방법에 따라 급냉식과 서냉식으로 구분
- 냉각방식에 따라 용융액의 냉각속도는 크게 다르며 이에 따라 생성된 슬래그의 성상도 크게 변함
- 하수찌꺼기를 용융하는 경우, 탈수찌꺼기를 직접 용융하는 건조탈수찌꺼기 용융시스템과 일단 소각하여 그 재를 용융하는 소각재용융시스템으로 구분됨

4) 하수찌꺼기 용융방식의 종류

- 현재까지 하수찌꺼기를 용융하는 방식은 크게 탈수찌꺼기를 용융하는 방식, 소각재를 용융하는 방식, 탈수찌꺼기와 소각재를 혼합해서 용융하는 방식으로 나뉨
 - 탈수찌꺼기를 건조한 후, 용융하는 직접용융방식
 - 탈수찌꺼기를 소각한 후, 그 소각재를 용융하는 소각+재 용융방식
 - 소각재를 건조찌꺼기와 혼합하여 용융하는 재혼합 용융방식

가) 직접용융방식

- 용융로내에서 연소와 용융을 동시에 수행
- 적은 보조연료로 슬래그화가 가능
- 소각+회 용융에 비해 소각로가 불필요
- 경제적인 유지관리가 용이
- 적은 소요면적 필요



제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

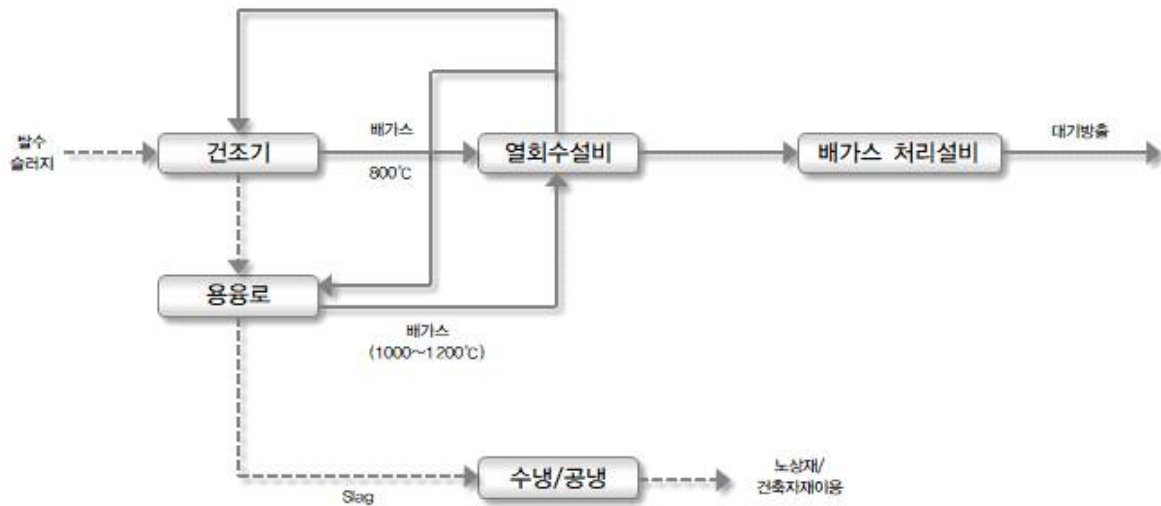
제 8 장

제 9 장

제 10 장

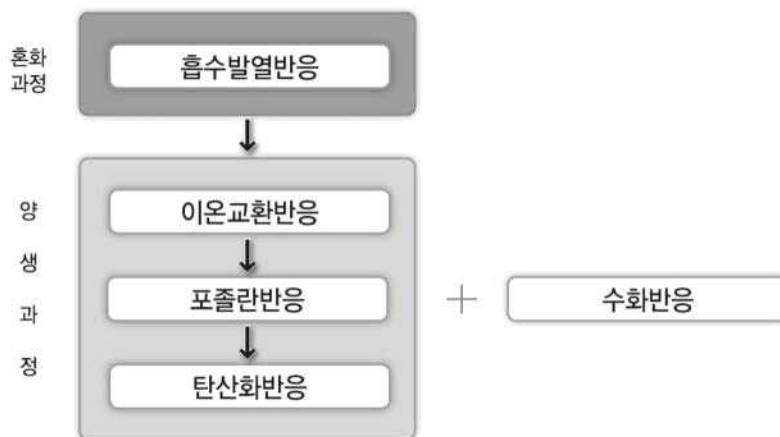
나) 소각+회 용융방식

- 용융로 소요용량이 작고 열효율을 최대화
- 용융로 정지시 소각로만 운전가능(운전의 탄력성)
- 기존 소각로에서 발생하는 소각재도 동시처리 가능



라. 고형화(고화)

- 찌꺼기의 고형화(또는 고화)란 하수찌꺼기 혹은 찌꺼기에 고형화제(or 고화제)를 첨가하여 찌꺼기의 물리·화학적 성상을 개선하고 최종처분시 작업능률의 촉진, 중금속류 등 유해물질의 무해화, 안정화를 도모하는 방법



<고화반응의 기본원리 개념도>

○ 일반적으로 고풍화 및 고화는 같은 의미로 사용되기도 하지만 찌꺼기의 최종이용, 처리목적 및 방법에 따라 다음과 같이 비교 가능함

<건조방식의 종류>

구 분	고 형 화	고 화
개 요	· 경화제 및 안정화제에 의하여 물리·화학적으로 안정화시켜 유해물질의 유출을 최소화하는 방법	· 찌꺼기 하수찌꺼기의 물리적 성상을 변화시키는 방법으로 고화제를 주입하여 찌꺼기를 일반토양과 유사하게 변화시키는 방법
목 적	· 찌꺼기의 처리를 용이 · 찌꺼기 표면적의 감소로 폐기물성분의 유출감소 · 찌꺼기내 오염물질의 용해도 감소 · 유해찌꺼기의 독성 감소	· 토질역학적 강도의 증가 · 침적에 의한 고체붕괴 방지 · 유해물질 용출방지 · 악취발생 방지
장 점	· 2차 환경오염 감소 효과 · 찌꺼기의 유효이용 (시멘트자원화, 건설자재화 등)	· 비교적 처리비용이 저렴 · 중금속 등의 용출방지 효과 · 찌꺼기 재이용 효과(지반강화제, 토양매립제 등) · 기술적 용이성
단 점	· 대체로 처리비용이 많이 소요 (약품처리비, 에너지 동력비 등) · 재활용이 안 될 경우 부피증가로 매립 곤란 · 부피증가로 인한 운반비 증가	· 고화제의 종류에 따라 효율 및 처리비 절약 · 안정적 공급의 어려움 · 찌꺼기 성상에 따른 효율저하 우려 · 실험 및 실적의 부족으로 인한 장기적 효과에 대한 확신 부족
특 성	· 무기성 폐기물의 처리에 적합	· 매립조건의 개선 및 유효이용방안
고형화제 (고화제)	· 시멘트(보통, 포틀랜드, 조강, 고노 등), 아스팔트, 플라스틱, 생석회, 고분자화합물 등	· 주로 시멘트를 이용 (포틀랜드, 특수고화시멘트 등)

○ 고풍화처리는 적용 폭이 넓지만 처리방법 선택시 공정의 비용, 부피의 증가, 전처리 방법 및 처분방법 등을 고려하여 선택해야 함

<건조방식의 종류>

구 분	적용성 및 성능	작업성 및 비용
콘크리트 고풍화 (하수찌꺼기)	· 중금속류의 고정화에 적당 · 찌꺼기 성상에 따라 고화조해를 나타냄	· 상온처리 · 수분이 있어도 처리가능 · 처리비가 비교적 저렴
아스팔트 고풍화 (소각회)	· 접착성, 결합력, 내수성, 내식성이 좋음	· 가열이 필요하므로 처리비가 대체로 높음
플라스틱 고풍화 (소각회)	· 내수성, 내약품성 등이 우수함 · 폐플라스틱을 이용 가능	· 가열이 필요하므로 처리비가 높음
소 결 (소각회)	· 물리적, 화학적 안정성이 좋음 · 감용율이 큼	· 최적온도 변화가 좁음 · 처리비용이 높음 · 저비점 중금속의 회산
용 용 (소각회 또는 하수찌꺼기)	· 대단히 치밀하여 안정한 고화체로 됨 · 감용율이 가장 큼	· 에너지 소비가 크므로 처리비용이 가장 많이 소요 · 저비점 중금속의 회산

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

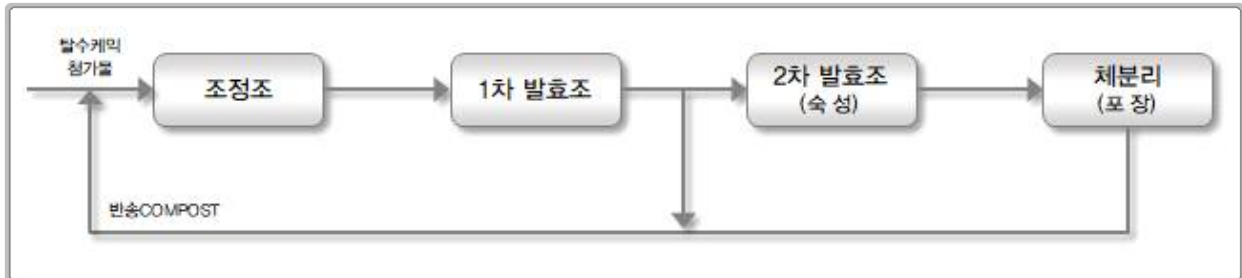
제 8 장

제 9 장

제 10 장

마. 퇴비화

- 하수찌꺼기 퇴비화는 하수찌꺼기의 녹농지 이용을 위해 하수찌꺼기 단독 혹은 통기개량제를 혼합·발표시켜 찌꺼기를 안정화하는 공정



<퇴비화 기본 프로세스의 개요>

- 발효생성물인 하수찌꺼기 퇴비는 질적으로 안정화되어 있기 때문에 다른 도시쓰레기, 분뇨 등에 의해 생성되는 퇴비와 구별하여 토양개량제로서의 용도 이외에 건설자재와 매립제로서도 이용이 가능함
- 그러나 찌꺼기 퇴비화 공정은 발효조에 투입하는 혼합물의 함수율 조절이 어렵고, 퇴비화에 장시간 소요되며, 퇴비 판매를 위한 시장 확보가 가능해야 함

<통기개량제의 종류 및 특성>

구 분		왕겨(파쇄)	톱 밭	수피(bark)	벗 집	파쇄목편
성 상	함수율(%)	10~15	23.7~36.7	49.4~52.7	8~13	15~30
	pH	6.9~7.2	5.1~6.1	5.9	—	5.3~6.5
	유기분(DS%)	78.5~80.0	98.8~99.8	83.5	84~87	98~99.5
	C/N	120~160	44~55	1.04	41	
	T-C(DS%)	28~40	48.1~49.7	41.5	37.1	46.5~48
	T-N(DS%)	0.25~1.05	0.9~1.1	0.4	0.9	0.8~1
	K ₂ O(%)	0.28	0.08~0.13	0.3	1.39	0.1~0.13
	P ₂ O ₅ (%)	1.43	0.04~0.05	0.15	2.60	0.06
	입경(mm)	30이하	30이하	4~19	30	5~20
특 징		<ul style="list-style-type: none"> • 초기 함수율이 낮아, 함수율 조정제로 용이 • 규산질의 딱딱한 조성으로 토양에서 부숙의 진행 늦음 • 발생기간 한정으로 저류공간필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 체분리와 분쇄불필요 • 상시공급가능 • 난분해성으로 분해가 늦음 • 탄소 함유율 높고 질소 부족상태 되기 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> • 수피 파쇄필요 • 탄소함유 높음 • 통기성 개량효과 큼 • 첨가물로서 재생 이용가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 함수율이 낮아, 함수율 조정제로 용이 • 칼륨분이 높음 • 저장공간이 큼 • Cutting 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 성상이 톱밥과 유사 • Cutting 필요 • 비교적 도시에서 입수용이 • 폐목재내 유해물질 함유가능

바. 열분해

1) 열분해 원리

- 열분해란 산소가 부족한 상태에서 유기물에 열을 가할 때 유기물이 에너지형태(오일, 가스 및 Char)로 전환되는 물리화학적 분해임
- 통상적인 반응온도는 250~1,000℃ 사이이고 반응압력은 1~170 기압까지 다양하며, 경우에 따라서는 1기압보다 낮은 상태에서 운전됨
- 열분해의 최종산물은 응축성 가스(응축 후 오일 및 타르가 됨), 비응축성 가스 및 Char의 세가지로 대별되는데 이들의 생성비율은 찌꺼기의 화학적 조성뿐만 아니라 반응조건(반응온도와 반응시간 등) 등에 따라 좌우됨
- 일반적으로 반응온도가 200~300℃에서 Char가 주로 생성되고, 300~500℃에서는 응축성 가스가 그리고 600℃이상에서는 비응축성 가스가 주로 생성됨

2) 하수찌꺼기의 열분해공정

- 열분해를 통하여 찌꺼기를 액화시키는 공정은 찌꺼기의 함수율에 따라 다음과 같이 크게 두종류로 대별됨

<하수찌꺼기 열분해 공정>

구 분	고온고압 열분해	고온저압 열분해
하수찌꺼기 함수율	70 ~ 80%	하수찌꺼기 수분 거의 제거
반 응 온 도	250 ~ 350℃	300 ~ 550℃
반 응 압 력	100 ~ 700기압	대 기 압

3) 열분해공정의 특징

- 하수찌꺼기의 열분해 액화공정(고온저압 열분해 공정)의 물질수지에 따르면, 전처리한 찌꺼기는 생성된 Char와 비응축성 가스를 소각시켜 발생하는 열을 이용하여 건조시키고, 동시에 이 열을 이용하여 반응기내의 반응온도를 유지시킬 수 있다. 따라서 생성된 오일은 전량 다른 목적으로 이용될 수 있음
- 열분해공정은 무산소 또는 저산소 상태에서 열조작하기 때문에 소각공정에 비해서 다음과 같은 장점이 있음
 - 소각 또는 연소가 아니므로 훨씬 유리한 주민의식을 가짐
 - 배기가스가 적음
 - 크롬의 산화가 억제됨
 - 보조연료의 소비량이 적음
 - NOx의 발생량이 억제됨

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

4) 탄 화

- 찌꺼기 탄화는 소각과 마찬가지로 열조작을 중심으로 한 시스템으로 소각시설보다 시설규모가 작아 초기투자비가 저렴하고, 처리공정에서 2차 환경오염물질이 적게 발생하며, 최종부산물인 탄화물은 유기성 찌꺼기의 무해·감량화뿐만 아니라 Carbon Black 등 유효자원 회수 및 흡착제, 보조연료 또는 토양개량제로 재활용할 수 있는 유익한 자원으로 알려짐에 따라 최근에 각광을 받고 있는 찌꺼기 처리기술임

<열분해와 소각과정의 비교>

항 목	탄 화(열분해)	소 각
열 이 동	흡열반응	발열반응
물리·화학적 반응형태	분해(저산소)	연소(산소공급)
송풍량 및 배기가스	무산소 및 저산소이므로 공기송풍이 최소이며, 공기순환 및 연료이송들을 위한 최소공기량 필요, 배기량이 적음	완전연소를 위한 이론공기량 이상의 공기공급이 필요하므로 송풍량에 비례하여 배기가스량이 많음
장치의 형태	밀 폐 형	개 방 형
에너지 회수	기름 및 가스상의 연료	폐열회수에 의한 지역난방 및 발전
2차오염	배기가스의 오염농도가 낮음	다이옥신, 중금속등의 2차 오염물질에 대한 우려
에 너 지 공급방법	폐기물 분해에 의해 발생하는 유류 및 가스와 보조연료	폐기물의 연소에 의한 자체 발생열 및 보조연료
유지관리	무산소 및 저산소 분위기 유지를 위한 기술필요	현재 이용되는 소각시설에 대한 기술축적

3.3.3 탈수케이크의 최종처분 방법

가. 매 립

- 하수 및 정수찌꺼기는 함수율을 85%이하로 탈수하여 혼합비율을 1:5로 일반쓰레기와 혼합매립을 하거나 혼합비율 미확보 시에는 별도매립을 하고 있음.
- 일반적으로 찌꺼기 매립은 단독트렌치 매립, 단독지역식 매립, 혼합식 매립으로 분류함

1) 하수찌꺼기 단독 매립방식

- 하수찌꺼기 단독 매립방식은 트렌치식과 지역식이 있으며 그 특성은 다음과 같음

<하수찌꺼기 단독 매립방식>

구 분	찌꺼기 단독트렌치 매립	찌꺼기 단독 지역적 매립
매립위치	지표면 아래	지표면 위
적용찌꺼기	불안정화된 찌꺼기	안정화된 찌꺼기
적용가능지역	깊은 지하수 및 기반암지역	얕은 지하수 및 기반암지역
복토재	굴착토 이용	외부 반입
차수시설	현실여건에 따른 설치(설치복잡)	반드시 설치(설치 간단)
방 식	좁은 트렌치, 넓은 트렌치 방식(폭 3m기준)	Mound형, 증형, Disk형(매립방식기준)

2) 하수찌꺼기 단독 매립방식

- 찌꺼기/쓰레기 혼합매립 : 하수찌꺼기와 쓰레기의 혼합작업에서 찌꺼기는 매립장의 쓰레기 상부에 투기되며, 이때 가능한 한 찌꺼기와 쓰레기는 완전히 혼합이 이루어지는데, 혼합물은 쓰레기 매립장에서 일상적인 방법으로 매립용 중장비에 의해 포설되며, 다짐 후 복토하는 것으로 매립이 진행됨
- 찌꺼기/흙 혼합매립 : 하수찌꺼기와 흙의 혼합매립 시 흙은 찌꺼기와 혼합되고 쓰레기 매립장의 전면적 중간층 또는 복토재로서 이용된다. 이 방식은 엄격히 말하면 찌꺼기 매립방법은 아니지만 운영 중인 쓰레기 매립장에 찌꺼기를 처분하기 위해서 이용가능한 방식이며 현재 많이 이용됨

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<하수찌꺼기 혼합매립방식>

구 분	하수찌꺼기/쓰레기 혼합매립	하수찌꺼기/흙 혼합매립
하수 찌꺼기의 고형물 농도	3% 이상	20% 이상
하수찌꺼기의 특성	안정화, 불안정화된 찌꺼기	안정화된 찌꺼기
수리지질 특성	얕은 지하수와 얕은 기반암	깊거나 얕은 지하수 또는 기반암
지반경사	3% 이내	-

나. 재활용

1) 녹·농지 이용

- 하수찌꺼기 중에서 질소, 인 등의 비료성분이 함유되고 있고 옛날부터 비료로서 이용되어 왔으며, 유럽에서는 혐기성소화에 의해 분해 안정화된 액성 소화찌꺼기를 직접농지에 살포하기도 함
- 녹·농지 이용은 하수찌꺼기 중의 유기물이 식물에 흡수 이용된다고 하는 자연의 사이클에 따른 것으로서 지극히 합리적이라고 사료되지만 탈수케이크를 직접 이용했을 경우의 문제점은 다음과 같다.
 - 분해성 유기물이 토양 중에서 급격히 분해할 때에 발생하는 유기산이나 유화수소, 암모니아, 탄산가스, 아초산가스 등의 유해가스 때문에 농작물이 장애를 받을 우려
 - 병원성 미생물, 기생충란, 잡초종자 등 유해한 생물이 토양에 공급되어 각종 장애와 지장을 야기
 - 탈수케이크 경우 잔류응집제 때문에 점착성이 있고, 취급성 문제
 - 수분을 흡수했을 경우 탈수전의 액상으로 되기 쉬움
 - 강한 악취를 발생
 - 외관적 혐오감
- 녹·농지 이용에서 최대의 관심사는 중금속 오염문제이다. 하수찌꺼기의 중금속 함유율은 일반적으로 다른 유기물 찌꺼기보다는 높은데 가장 큰 원인은 하수도가 가정오수 외에 공장폐수, 우수 등 모든 배수가 차집관거에 의해 집수되기 때문임

2) 소각재의 건설자재화

- 하수찌꺼기 소각재의 건설자재 유효이용으로서는 아스팔트 채움재, 노상 및 노반재, 경량골재, 시멘트원료, 벽돌재료 등이 있음

가) 아스팔트 채움재

- 소각재를 아스팔트 채움재로서 사용할 경우 종래부터 사용되고 있는 석회암 분말을 채움재로서 사용하는 경우에 비해 연화점이 높고 침입도가 작다. 또 안정도 및 수침입의 저항성이 크고 밀도, 공극률, 포화도는 큰 차이가 없다. 따라서 석회암분말에 비하여 손색이 없고 충분히 이용 가능함

나) 노상 및 노반재

- 소각재는 노상재료로 이용 가능한 공학적 특성을 갖고 있으며, 관거공사의 되메우기 재료로서 사용이 가능하다. 노반재료는 경 교통로에 한해서 사용이 가능하지만 큰 응력이 작용하는 표층에 가까운 부분의 사용에는 가능함

다) 경량골재

- 소각재를 조립 및 소성하여 입도가 조정된 소성품에 대해 골재성상과 콘크리트 성상을 조사한 결과, 일반경량골재 및 구조용 경량골재로서 만족할 만한 생성이 가능하나 주로 열처리(소각, 용융 등) 부산물을 재가공해야 하므로 비경제적이며, 소량발생에 따른 공급의 어려움이 발생함

라) 시멘트 원료

- 하수찌꺼기 소각재는 시멘트의 주성분인 CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 가 80% 이상 함유되고 있고, 소각재 단독으로 사용하는 것이 바람직하지 않으나 재래의 시멘트 원료에 적량 첨가하여 사용하는 것이 가능함

마) 벽돌재료

- 소각재 중 CaO 함유량이 적고 규산의 함유율이 높으면 벽돌의 소성이 충분히 가능하므로 소각재의 일정량의 점토 또는 규사를 보통 벽돌의 주원료로서 이용할 수 있다. 경량골재 및 벽돌재료에 관해서는 양질점토와 같은 첨가물의 공급 확보와 증유가 필요하게 되고 종래의 원재료의 감소분을 고려하여도 절약이 되는지의 여부를 검토할 필요가 있다. 문제점으로는 다음과 같다.
 - 아스팔트 필러, 노상 및 노반이용에 관해서 소각재는 아주 자잘한 미 분말이어서 비산하기 쉽고 작업성이 나쁨
 - 건설자재로서의 장기적 안정성 및 2차 공해에 대하여 미확정적임
 - 소각재의 성분조성이 불균일함
 - 건설자재의 원료가 되는 소각재의 생성조성을 균일하게 하고 생성품으로서 아주 적합한 것으로 하기 위해 하수찌꺼기 자체의 품질관리가 필요함
 - 하수찌꺼기로부터 생성이라고 하는 불리한 점 해소와 다량 또는 정상 소비 확보를 위한 생성비용, 운영방법 및 유통경로를 고려해야 함
 - 소각재로부터 생성한 건설자재 사용 후 장기적 안정성을 확보해야함

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

3) 퇴비화

- 퇴비화는 하수찌꺼기 중의 유기성분을 호기성으로 발효하여 유기성분을 감소시키고 발생하는 열에 의하여 수분을 증발시키는 방법임
- 퇴비화가 적절하게 진행되면 탈수, 탈취, 병원균 감소 등의 효과를 얻을 수 있으며, 최종산물인 퇴비는 유용한 질소 성분을 함유하고 있어 비료로서 충분한 가치가 있으며, 하수찌꺼기 중의 유기물질은 토지 개량제 역할을 한다. 따라서 하수찌꺼기를 퇴비화 하여 얻어지는 사업효과는 탈수효과, 토지개량제, 비료(자원 재활용) 등의 효과가 있으나 퇴비중의 중금속 함유량 정도, 퇴비화를 위한 넓은 부지와 장기간(60~90일)의 처리시간을 요구하며, 운전기간 중 암모니아 가스발생 및 악취 등의 문제점이 있고, 수요처와의 수요기간이 불일치하는 경우 생성된 퇴비찌꺼기의 처분문제가 발생함
- 현재 찌꺼기 재활용품에 대한 시장 안정성이 없음
 - 수요처 개발이 반드시 필요함
- 수요처의 계절적 변화에 따라 대량의 찌꺼기를 안정적으로 처리하기가 어려우며, 대규모의 저장시설이 필요함
- 토양화 제품의 재활용이 어려울 경우, 매립에 따른 추가비용(약 30천원/톤) 발생으로 비경제적임
- 찌꺼기 주요 사용자인 농민들이 유기성 찌꺼기 비료에 부담 발생 가능성
 - 화학비료가 비싸지 않고 작물에 대한 위험부담으로 농민들이 기피 가능성이 있음
- 하수 유입성상에 따라 찌꺼기의 중금속 함유량이 변화하여 품질관리가 어려우며, 다른 유기성폐기물에 비해 C/N비가 대체적으로 낮음
- 하수찌꺼기 토양화에 대한 체계적인 시험/운영데이터 등이 부족함
 - 생태계 안정성 문제와 장기간 이용효과에 대한 연구가 필요함
- 넓은 부지면적이 필요함(숙성 및 저장시설 등의 필요)
 - 충북 보은 퇴비화시설의 경우, 100톤/일에 3,000평 소요
- 토양화 관련 국내업체의 규모 및 시설이 매우 영세함

4) 탄화(물)

- 하수찌꺼기의 열분해 부산물인 탄화물은 그 특성에 의해 다양한 재활용이 될 수 있으며, 재활용 용도를 정리하면 다음과 같음

<탄화물의 특성 및 재활용 용도>

구 분	재활용 용도	비 고
흡착성	탈취/흡착제, 환경개선제(수질정화제)	
다공성, 큰 표면적	퇴비발효촉진제(chip 대용)	
흡수, 흡유성	탈수보조제 및 폐유흡착제(해양오염 제거제)	
토양활성	산성토양 개토제, 절개지 녹화재	
발열량	보조연료(비닐하우스, 화훼단지 난방)	
인 함량	인성분 회수	

다. 지령이 사육 및 녹생토

- 기타 처리방안으로 지령이사육 및 위탁처리에 의한 녹생토 활용방안이 있으며, 초기투자비 및 유지관리 비용이 저렴하고 운영이 용이하여 소규모 하수처리시설에서 많이 이용하는 방식
- 국내 폐기물관리법의 환경부 고시 1992-34호에 지령이를 이용한 유기성 하수찌꺼기 처리를 고시하고 있으며, 지령이 처리를 통해 생성된 지령이 분변토는 부산물 퇴비로써 품질이 우수할 뿐만 아니라 퇴비공정규격에도 적합한 것으로 알려져 있음
- 하수찌꺼기 처리후 생성된 지령이 분변토는 농림부의 비료관리법에는 부산물비료로 인정하지 않고 퇴비화와 마찬가지로 수요처의 계절적 변화에 따라 대량의 하수찌꺼기를 안정적으로 처리하기 어려우므로 현재 상황에서는 지령이 처리를 이용한 하수찌꺼기의 재이용방안은 불투명한 실정임

라. 하수찌꺼기의 연료화 검토

- 하수찌꺼기의 연료화 방안은 하수찌꺼기의 최종처분을 용이하게 하고, 고가의 에너지를 얻을 수 있는 점에서 대단히 유망한 자원화 방안으로 주목되고 있으며, 최근에 하수찌꺼기에 포함되어 있는 가열성물질인 유기물의 내재에너지를 에너지자원으로 이용하려는 연구들이 이루어지고 있으며, “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법”에 의해 신재생에너지의 의무할당제가 적용될 경우 대비하여 하수찌꺼기의 연료화가 적용되어야 함
- 하수찌꺼기의 연소열을 이용하기 위해서는 자연연료가 가능한 열량 이상의 발열량을 가져야만 한다. 따라서 하수찌꺼기의 함수율을 효율적으로 낮추는 방안이 무엇보다 중요함
- 현재 사용하고 있는 탈수법으로는 60~70%의 함수율을 가진 하수찌꺼기를 얻어지게 되며, 이것은 열적 가치를 갖지 못한다. 그러므로 하수찌꺼기의 연료화를 위해서는 추가 처리가 도입되어야 하며 하수찌꺼기를 연료화 하는 방법은 다음과 같다.
 - 탈수찌꺼기를 더욱 건조하여 하수찌꺼기에 포함된 가열물을 연료로 사용하는 방법
 - 하수찌꺼기에 미분탄 같은 가열물을 첨가, 탈수 또는 건조하여 연료로 사용하는 방법
 - 하수찌꺼기에 포함되어 있는 유기물을 열분해하여 가열성 유분과 숯(Char) 및 가스화 하는 방법

1) 하수찌꺼기 연료화에 따른 기대효과

가) 석탄연료 대체효과

- 조건1) 함수율 80% → 함수율 10% 고형연료화 (수율 대략 22%)
- 조건2) 함수율 10% 고형연료의 발열량 : 3,000kcal/kg (자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 별표7)
- 조건3) 석탄 발열량 : 6,020kcal/kg (에너지법 시행규칙 별표 연료용 수입무연탄기준)
- 조건4) 석탄가격 : 116,390원/톤 (2017년 평균 US \$103(대한석탄협회자료), 환율 1,130원 기준)
- 조건5) 탄소배출권 거래가격 : 20,879원/tCO₂ (한국거래소 2017년 기준)

- 하수찌꺼기 에너지화 잠재량('17) : 385톤/일
- 하수찌꺼기 고형연료 생산량 : 85 톤/일
 - 385톤/일 × 22% = 85 톤/일
- 고형연료 총 발열량 : 255 Gcal/일
 - 85톤/일 × 3,000kcal/kg = 255 Gcal/일
- 연간 석탄 절감량 : 15,330 톤/년
 - 하수찌꺼기 연료를 석탄량으로 환산(발열량 적용) : 255 Gcal/일 ÷ 6,020kcal/kg = 42 톤/일
 - 연간 석탄 절감량 : 42톤/일 × 365일/년 = 15,330 톤/년
- 연간 석탄 절감액 : 약 18억원
 - 연간 석탄 절감량 × 석탄가격 = 15,330톤/년 × 116,390원/톤 = 1,784백만원

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

나) 온실가스 저감 사업(CDM) 경제적 효과

- 석유환산톤(TOE) : 25.5 TOE
 - 연료발열량(kcal) ÷ 10^7 kcal = 85톤/일 × 3,000kcal/kg × 10^{-7} = 25.5 TOE
- 온실가스 감축량 : 99 톤CO₂/일
 - 25.5 TOE × 3.883 톤CO₂/TOE = 99 톤CO₂/일
- CERs : 약 7.5 억/년
 - 99 톤CO₂/일 × 365일/년 × 20,879원/톤CO₂ = 754 백만원/년

2) 국내 석탄화력발전소 현황

<국내 석탄 화력발전소 현황>

발전회사	발전소명	용 량	사용연료	연료사용량 '17 (천톤/년)	비 고
계				89,923	
한국 서부발전(주)	태안화력	500MW × 8기	유연탄	14,876	
		1,050MW × 2기	유연탄		
한국 남동발전(주)	삼천포화력	560MW × 4기	유연탄	9,501	
		500MW × 2기	유연탄		
	여수화력	340MW	유연탄	2,341	
		328.6MW	유연탄		
	영흥화력	800MW × 2기	유연탄	15,170	
		870MW × 4기	유연탄		
한국 중부발전(주)	보령화력	500MW × 8기	유연탄	11,701	
	신보령화력	1,000MW × 2기	유연탄	3,598	
	서천화력	200MW × 2기	무연탄	428	
한국 남부발전(주)	삼척화력	1,000MW × 2기	유연탄	3,597	
	하동화력	500MW × 8기	유연탄	12,129	
한국 동서발전(주)	당진화력	500MW × 8기	유연탄	13,933	
		1,020MW × 2기	유연탄		
	호남화력	250MW × 2기	유연탄	1,559	
	동해화력	200MW × 2기	무연탄	1,090	

주) 한국전력통계(2018, 한국전력공사)

- 영흥화력발전소에서 하수찌꺼기 연료를 2% 사용(혼소)할 경우, 매일 831톤의 하수찌꺼기 연료 소요가능
 - 영흥화력발전소 석탄 사용량 : 41,562톤/일
 - 하수찌꺼기 연료 소요량 : 41,562톤/일 × 2% = 831톤/일

3.4 하수찌꺼기 발생량 검토

- 본 계획에서는 다음과 같은 방법에 의거하여 장래 하수찌꺼기 발생량을 검토하였음
 - 인천광역시 하수처리시설 운영 자료의 하수처리량 당 하수찌꺼기 발생률 적용에 의한 방법
 - 하수처리인구 원단위 적용에 의한 발생량 검토
 - 「하수도시설기준(2011, 환경부)」에서 제시한 산술식 적용에 의한 방법

3.4.1 인천광역시(구지역) 하수찌꺼기 발생량 검토

가. 하수처리시설 운영 자료의 발생률에 의한 하수찌꺼기 발생량

1) 하수처리시설 운영 자료에 의한 하수찌꺼기 발생원단위 산정

- 2017년 하수처리시설 운영 자료를 이용하여 처리시설별 하수처리량당 찌꺼기 발생량을 산정

<하수처리량당 하수찌꺼기 발생률>

구 분	시설용량 (m ³ /일)	처리공법	평균유입량 (m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량 (톤/일)	하수찌꺼기 발생원단위 (kg/m ³)	비 고
계	1,100,000		752,494	379.8	0.505	
가 좌	350,000	MLE/4-Stage BNR	231,784	99.3	0.428	
승 기	275,000	MLE+응집	231,002	98.7	0.427	
남 향	125,000	BIO-SAC	87,707	27.0	0.308	
공 촌	65,000	KSMBR	48,611	38.5	0.792	
운 북	23,000	A ₂ O/DF-MBR	6,178	4.5	0.728	
영 종	24,000	HANT	3,900	2.4	0.615	
송 산	30,000	KSMBR	6,252	4.3	0.688	
송 도	98,000	Biostyr A ₂ O+MBR	31,094	24.1	0.775	
만 수	70,000	Azenit	67,863	44.4	0.654	
검 단	40,000	Biostyr	38,103	36.6	0.961	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

2) 하수찌꺼기 발생원단위에 의한 발생량 추정

○ 2017년 하수처리시설 운영 자료를 기초로 산정된 찌꺼기 원단위를 적용하여
인천광역시의 하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기량을 추정함

<하수찌꺼기 발생률에 의한 하수찌꺼기 발생량 추정>

구 분		단위	2017년	2020년	2025년	2030년	2035년
계		m ³ /일	379.8	617.1	704.8	718.6	766.1
가 좌	계획하수량	m ³ /일	231,784	274,261	292,790	297,030	299,951
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.428				
	찌꺼기발생량	톤/일	99.3	117.4	125.3	127.1	128.4
승 기	계획하수량	m ³ /일	231,002	218,839	238,833	243,019	246,021
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.427				
	찌꺼기발생량	톤/일	98.7	93.4	102.0	103.8	105.1
남 향	계획하수량	m ³ /일	87,707	112,482	134,494	137,974	138,329
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.308				
	찌꺼기발생량	톤/일	27.0	34.6	41.4	42.5	42.6
공 촌	계획하수량	m ³ /일	48,611	71,706	82,838	85,035	86,483
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.792				
	찌꺼기발생량	톤/일	38.5	56.8	65.6	67.3	68.5
운 북	계획하수량	m ³ /일	6,178	16,137	16,157	16,173	16,185
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.728				
	찌꺼기발생량	톤/일	4.5	11.7	11.8	11.8	11.8
영 종	계획하수량	m ³ /일	3,900	42,654	55,714	56,108	56,379
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.615				
	찌꺼기발생량	톤/일	2.4	26.2	34.3	34.5	34.7
송 산	계획하수량	m ³ /일	6,252	24,769	24,946	25,075	25,156
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.688				
	찌꺼기발생량	톤/일	4.3	17.0	17.2	17.3	17.3
송 도	계획하수량	m ³ /일	31,094	146,392	146,849	147,258	147,625
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.775				
	찌꺼기발생량	톤/일	24.1	113.5	113.8	114.1	114.4
만 수	계획하수량	m ³ /일	67,863	101,232	104,256	106,044	107,297
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.654				
	찌꺼기발생량	톤/일	44.4	66.2	68.2	69.4	70.2
검 단	계획하수량	m ³ /일	38,103	83,516	130,267	136,066	180,111
	찌꺼기원단위	kg/m ³	0.961				
	찌꺼기발생량	톤/일	36.6	80.3	125.2	130.8	173.1

나. 하수처리인구 원단위 적용에 의한 발생량 검토

1) 하수처리인구에 의한 하수찌꺼기 발생원단위 산정

○ 인천광역시 하수처리시설의 기존 운영자료 및 하수처리인구를 조사하여 하수처리 인구당 하수찌꺼기의 발생량에 대한 원단위를 산정

<하수처리인구당 하수찌꺼기 발생 원단위>

구 분	시설용량 (m ³ /일)	하수처리인구 (인)	하수찌꺼기 발생량 (톤/일)	하수찌꺼기 발생원단위 (kg/인·일)	비 고
계	1,100,000	1,943,127	379.8	0.195	
가 좌	350,000	583,876	99.3	0.170	
승 기	275,000	498,165	98.7	0.198	
남 향	125,000	189,395	27.0	0.143	
공 촌	65,000	145,395	38.5	0.265	
운 북	23,000	19,688	4.5	0.229	
영 종	24,000	10,779	2.4	0.223	
송 산	30,000	16,847	4.3	0.255	
송 도	98,000	86,373	24.1	0.279	
만 수	70,000	246,414	44.4	0.180	
검 단	40,000	146,195	36.6	0.250	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

2) 하수처리인구 발생원단위에 의한 발생량 추정

○ 2017년 하수처리시설 운영자료를 기초로 산정된 찌꺼기 원단위를 적용하여
인천광역시의 하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기량을 추정함

<하수처리인구 원단위에 의한 하수찌꺼기 발생량 예측>

구 분		단위	2017년	2020년	2025년	2030년	2035년
계		m ³ /일	379.8	470.4	530.7	543.3	575.6
가 좌	하수처리인구	인	583,876	629,732	683,548	695,864	704,349
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.170				
	찌꺼기발생량	톤/일	99.3	107.1	116.2	118.3	119.7
승 기	하수처리인구	인	498,165	499,958	551,743	562,585	570,358
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.198				
	찌꺼기발생량	톤/일	98.7	99.0	109.2	111.4	112.9
남 향	하수처리인구	인	189,395	201,498	241,462	250,503	251,425
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.143				
	찌꺼기발생량	톤/일	27.0	28.8	34.5	35.8	36.0
공 촌	하수처리인구	인	145,395	156,210	161,435	165,881	169,691
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.265				
	찌꺼기발생량	톤/일	38.5	41.4	42.8	44.0	45.0
운 북	하수처리인구	인	19,688	21,206	21,800	22,234	22,517
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.229				
	찌꺼기발생량	톤/일	4.5	4.9	5.0	5.1	5.2
영 종	하수처리인구	인	10,779	112,720	114,091	115,123	115,831
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.223				
	찌꺼기발생량	톤/일	2.4	25.1	25.4	25.7	25.8
송 산	하수처리인구	인	16,847	65,457	65,924	66,264	66,481
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.255				
	찌꺼기발생량	톤/일	4.3	16.7	16.8	16.9	17.0
송 도	하수처리인구	인	86,373	148,404	151,464	154,212	156,673
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.279				
	찌꺼기발생량	톤/일	24.1	41.4	42.3	43.0	43.7
만 수	하수처리인구	인	246,414	274,859	283,114	287,996	291,418
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.180				
	찌꺼기발생량	톤/일	44.4	49.5	51.0	51.8	52.5
검 단	하수처리인구	인	146,195	226,088	349,829	365,320	471,379
	찌꺼기원단위	kg/인·일	0.250				
	찌꺼기발생량	톤/일	36.6	56.5	87.5	91.3	117.8

다. 산술식에 의한 하수찌꺼기 발생량 검토

○ 「하수도시설기준(2011, 환경부)」에서 제시한 산술식을 적용하여 계획 하수찌꺼기 발생량을 산정하였으며 산술식은 다음과 같다.

- 계획발생찌꺼기량 고품물량(kg/일) = 계획1일최대오수량(m³/일) × 계획유입 SS농도(mg/L) × SS제거율(%) × 1/10⁶
- 계획발생찌꺼기량(m³/일) = 계획발생찌꺼기량 고품물량(kg/일) × (100 ÷ (100 - 함수율(%)))

1) 산술식 적용을 위한 인자산정

○ 수처리방식별 제거 SS량당 찌꺼기 발생율은 다음과 같다.

<수처리방식별 제거 SS량당 찌꺼기 발생율과 찌꺼기 농도>

구 분	제거SS량당 하수찌꺼기발생율 (%)	찌꺼기 농도		
		생찌꺼기 (일차침전지)	잉여찌꺼기 (이차침전지)	혼합찌꺼기
표준활성슬러지법	100	2~4	0.5~1.0	1.0
회분식활성슬러지법(고부하)	100	—	1.0	—
회분식활성슬러지법(저부하)	75	—	0.5~1.0	—
산화구법	75	—	0.5~1.0	—
장기포기법	75	—	0.5~1.0	—
회전생물접촉법	92	2	0.8	1.0

주) 하수도시설기준(2011, 환경부)

○ 상기 산술과정을 검토한 결과 제거SS량당 찌꺼기 발생률은 생물학적 처리공법의 100%를 적용하고 방류목표는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준인 10mg/L로 적용하며, 탈수찌꺼기 함수율은 운영상의 수치를 적용하였음

○ 본 계획의 산술식 계산에 적용된 인자는 다음과 같다.

<산술식 계산에 적용할 인자산정>

구 분	제거SS량당 하수찌꺼기 발생율(%)	방류SS농도(mg/L)	탈수찌꺼기 함수율(%)
적용인자	100	10	80

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

2) 산술식에 의한 하수찌꺼기 발생량 추정

○ 「하수도시설기준(2011, 환경부)」에서 제시한 산술식을 적용하여 계획 하수찌꺼기 발생량을 산정함

<산술식에 의한 하수찌꺼기 발생량 추정>

구 분		단위	2020년	2025년	2030년	2035년
계		m ³ /일	865.5	973.9	992.7	1,038.1
가 좌	계획하수량	m ³ /일	274,261	292,790	297,030	299,951
	유입SS	mg/L	155.0	155.0	156.0	156.0
	찌꺼기발생량	톤/일	198.8	212.3	216.8	219.0
승 기	계획하수량	m ³ /일	218,839	238,833	243,019	246,021
	유입SS	mg/L	169.0	170.0	170.0	170.0
	찌꺼기발생량	톤/일	174.0	191.1	194.4	196.8
남 향	계획하수량	m ³ /일	112,482	134,494	137,974	138,329
	유입SS	mg/L	161.0	163.0	163.0	163.0
	찌꺼기발생량	톤/일	84.9	102.9	105.6	105.8
공 촌	계획하수량	m ³ /일	71,706	82,838	85,035	86,483
	유입SS	mg/L	175.0	149.0	149.0	150.0
	찌꺼기발생량	톤/일	59.2	57.6	59.1	60.5
운 북	계획하수량	m ³ /일	16,137	16,157	16,173	16,185
	유입SS	mg/L	209.0	217.0	214.0	213.0
	찌꺼기발생량	톤/일	16.1	16.7	16.5	16.4
영 종	계획하수량	m ³ /일	42,654	55,714	56,108	56,379
	유입SS	mg/L	264.0	233.0	233.0	233.0
	찌꺼기발생량	톤/일	47.8	62.1	62.6	62.9
송 산	계획하수량	m ³ /일	24,769	24,946	25,075	25,156
	유입SS	mg/L	234.0	234.0	234.0	234.0
	찌꺼기발생량	톤/일	27.7	27.9	28.1	28.2
송 도	계획하수량	m ³ /일	146,392	146,849	147,258	147,625
	유입SS	mg/L	121.0	121.0	121.0	121.0
	찌꺼기발생량	톤/일	81.2	81.5	81.7	81.9
만 수	계획하수량	m ³ /일	101,232	104,256	106,044	107,297
	유입SS	mg/L	184.0	186.0	185.0	184.0
	찌꺼기발생량	톤/일	88.1	91.7	92.8	93.3
검 단	계획하수량	m ³ /일	83,516	130,267	136,066	180,111
	유입SS	mg/L	195.0	193.0	193.0	191.0
	찌꺼기발생량	톤/일	77.3	119.2	124.5	163.0

라. 계획 하수찌꺼기량 산정

○ 계획 하수찌꺼기량 산정을 위해 하수1m³당 발생률에 의한 추정, 산술식에 의한 추정, 하수처리인구에 의한 추정을 통해 검토하였으나, 산술식을 이용하여 산정한 방법은 인천광역시의 지역 및 운영특성을 반영하는데 어려움이 있어 산술식을 제외한 계획 하수찌꺼기량 추정값의 평균치를 적용하였음

<계획 하수찌꺼기 발생량>

(단위 : 톤/일)

구 분		시설용량 (m ³ /일)	2017년	2020년	2025년	2030년	2035년
계		1,100,000	379.8	544.0	618.0	631.2	671.2
가 좌	하수1m ³ 당 발생률	350,000	99.3	117.4	125.3	127.1	128.4
	하수처리인구 추정			107.1	116.2	118.3	119.7
	평 균			112.3	120.8	122.7	124.1
승 기	하수1m ³ 당 발생률	275,000	98.7	93.4	102.0	103.8	105.1
	하수처리인구 추정			99.0	109.2	111.4	112.9
	평 균			96.2	105.6	107.6	109.0
남 향	하수1m ³ 당 발생률	125,000	27.0	34.6	41.4	42.5	42.6
	하수처리인구 추정			28.8	34.5	35.8	36.0
	평 균			31.7	38.0	39.2	39.3
공 촌	하수1m ³ 당 발생률	65,000	38.5	56.8	65.6	67.3	68.5
	하수처리인구 추정			41.4	42.8	44.0	45.0
	평 균			49.1	54.2	55.7	56.8
운 북	하수1m ³ 당 발생률	23,000	4.5	11.7	11.8	11.8	11.8
	하수처리인구 추정			4.9	5.0	5.1	5.2
	평 균			8.3	8.4	8.5	8.5
영 종	하수1m ³ 당 발생률	24,000	2.4	26.2	34.3	34.5	34.7
	하수처리인구 추정			25.1	25.4	25.7	25.8
	평 균			25.7	29.9	30.1	30.3
송 산	하수1m ³ 당 발생률	30,000	4.3	17.0	17.2	17.3	17.3
	하수처리인구 추정			16.7	16.8	16.9	17.0
	평 균			16.9	17.0	17.1	17.2
송 도	하수1m ³ 당 발생률	98,000	24.1	113.5	113.8	114.1	114.4
	하수처리인구 추정			41.4	42.3	43.0	43.7
	평 균			77.5	78.1	78.6	79.1
만 수	하수1m ³ 당 발생률	70,000	44.4	66.2	68.2	69.4	70.2
	하수처리인구 추정			49.5	51.0	51.8	52.5
	평 균			57.9	59.6	60.6	61.4
검 단	하수1m ³ 당 발생률	40,000	36.6	80.3	125.2	130.8	173.1
	하수처리인구 추정			56.5	87.5	91.3	117.8
	평 균			68.4	106.4	111.1	145.5

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

3.4.2 소규모하수처리구역 계획 하수찌꺼기 발생량

가. 강화군 소규모하수처리구역 계획

- 본 계획에서는 다음과 같은 방법에 의거하여 장래 하수찌꺼기 발생량을 검토하였음
 - 하수처리시설 운영 자료의 하수처리량 당 하수찌꺼기 발생률 적용에 의한 방법
 - 전국 하수도통계에 의한 유사용량별 하수찌꺼기 발생률 적용에 의한 방법
- 강화하수처리시설을 제외한 처리시설의 하수찌꺼기 발생량 산정을 위한 원단위는 전국하수도통계를 통해 전국유사용량별 전국하수찌꺼기 발생량을 검토하여 적용하였음
- 계획 중인 하수처리시설의 경우 하수처리공법 및 하수찌꺼기처리공법이 결정되지 않아 예상 발생량을 적용하여 산정하였으나 향후 선정된 공법을 적용하여 그에 따른 물질수지를 세워 정확한 하수찌꺼기 발생량을 추정하여야 함

1) 강화 하수처리시설 예상 발생량 산정

- 2017년 하수처리시설 운영 자료를 이용하여 강화하수처리시설 하수처리량당 찌꺼기 발생량을 산정

<하수처리량당 하수찌꺼기 발생률>

구 분	시설용량 (m ³ /일)	처리공법	평균유입량 (m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량 (톤/일)	유입량당 찌꺼기발생량 (kg/m ³)
강 화	9,000	산화구	7,060	5.5	0.779

2) 전국 유사용량별 하수찌꺼기 발생량 산정

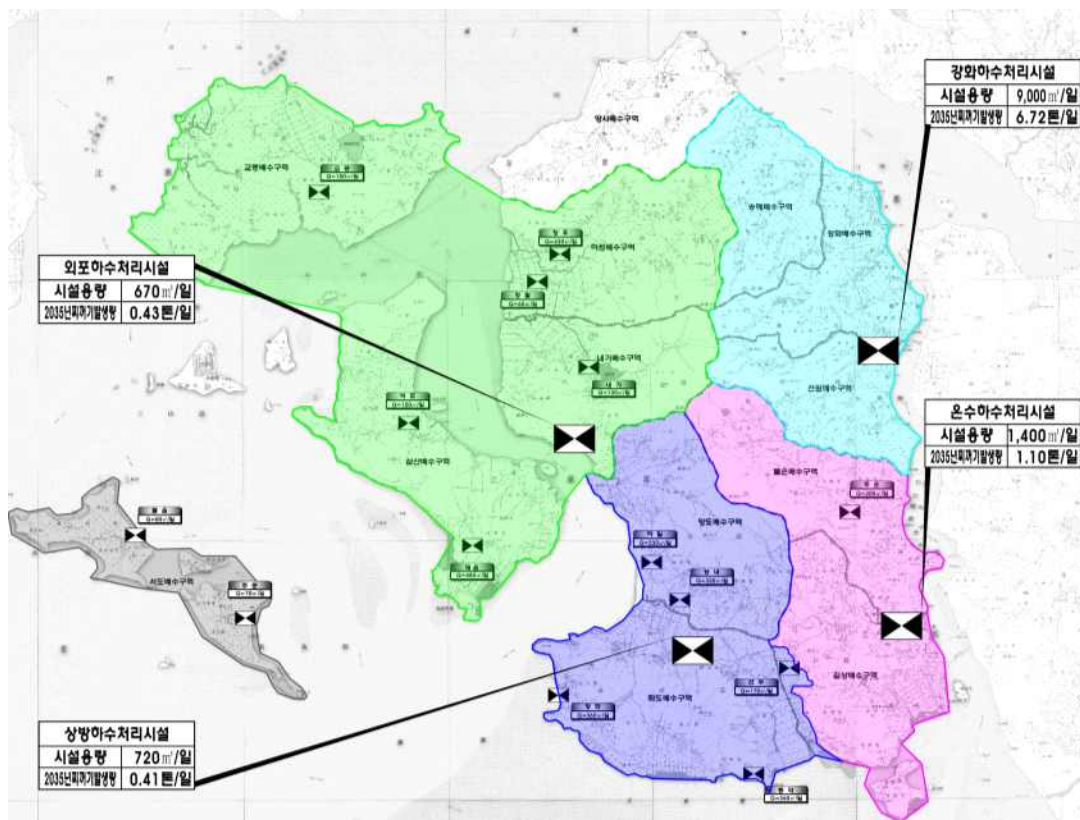
- 강화군 소규모하수처리시설의 찌꺼기 발생원단위를 산정하기 위해 전국하수도통계를 활용하여 유입수량 1,000 m³/일 이하인 하수처리시설을 선정하여 하수찌꺼기 발생원단위를 산정하였음

<전국 유사용량별 하수찌꺼기 발생현황>

구 분	규모(m ³ /일)	유입하수량 (m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량 (톤/일)	유입량당 찌꺼기발생량 (kg/m ³)
유사규모	1,000 이하	305,429	63.5	0.208
	1,000 ~2,000 이하	119,916	95.5	0.796

3) 강화군 하수처리 처리계획 검토(안)

- 당초 하수도정비 기본계획(2015)에 의하면 강화군에서 발생하는 하수처리시설과 온수하수처리시설에서 통합처리하며, 일부 도서지역(주문, 불음)의 경우 자체 처리하는 것으로 계획함
- 현재 강화하수처리시설 하수처리 처리시설 운영의 어려움 및 설치중인 온수하수처리시설의 처리 능력을 고려하여 강화군에서 발생하는 하수처리 처리계획을 재검토하였음
- 강화군의 장래 하수처리계획을 통해 신·증설되는 공공하수처리시설을 기준으로 주변 소규모처리시설의 하수처리 처리를 통합처리 한 후 육상에서 최종 처리·처분 하는 것으로 계획하였음
 - 하수처리처리통합처리 : 강화하수처리시설, 온수하수처리시설, 외포하수처리시설, 상방하수처리시설
 - 개 별 처 리 : 도서지역(주문, 불음)



<하수처리 처리계획(안)>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

4) 강화군 계획하수처리 시설 예상발생량 산정

<각 하수처리시설별 장래 하수처리 발생량>

구 분	단위찌꺼기 발생량 (kg/m³)	2020년		2025년		2030년		2035년	
		하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)
강화 ^{주1)}	0.779	8,731	6.80	9,101	7.09	8,906	6.94	8,630	6.72
소 계		8,731	6.80	9,101	7.09	8,906	6.94	8,630	6.72
외포 ^{주1)}	0.208	633	0.13	676	0.14	666	0.14	651	0.14
교동		146	0.03	144	0.03	140	0.03	136	0.03
창후		—	—	430	0.09	425	0.09	418	0.09
내가		101	0.02	128	0.03	125	0.03	121	0.03
석모		152	0.03	150	0.03	147	0.03	142	0.03
망월		—	—	59	0.01	58	0.01	56	0.01
매음		—	—	474	0.10	472	0.10	469	0.10
소 계		1,032	0.21	2,061	0.43	2,033	0.43	1,993	0.43
온수 ^{주1)}	0.796	—	—	1,394	1.11	1,369	1.09	1,334	1.06
	0.208	628	0.13	—	—	—	—	—	—
두운		—	—	196	0.04	191	0.04	185	0.04
소 계		628	0.13	1,590	1.15	1,560	1.13	1,519	1.10
상방 ^{주1)}	0.208	583	0.12	718	0.15	702	0.15	681	0.14
능내		—	—	314	0.07	307	0.06	296	0.06
선두		—	—	167	0.03	162	0.03	157	0.03
장화		—	—	363	0.08	356	0.07	345	0.07
하일		—	—	225	0.05	219	0.05	212	0.04
동막		222	0.05	358	0.07	353	0.07	347	0.07
소 계		805	0.17	2,145	0.45	2,099	0.43	2,038	0.41
주문 ^{주2)}	0.208	64	0.01	63	0.01	62	0.01	60	0.01
불음 ^{주2)}		46	0.01	45	0.01	44	0.01	43	0.01
소 계		110	0.02	108	0.02	106	0.02	103	0.02
합 계		11,306	7.33	15,005	9.14	14,704	8.95	14,283	8.68

주1) 하수처리 통합탈수처리 예정시설

주2) 도서지역 자체처리

나. 옹진군 소규모하수처리구역 계획

- 본 계획에서는 전국 하수도통계에 의한 유사용량별 하수찌꺼기 발생원단위를 적용하여 장래 하수찌꺼기 발생량을 검토하였음
- 농어촌마을하수도에서 발생하는 하수찌꺼기를 처리하기 위한 탈수시설은 부득이한 경우를 제외하고는 설치하지 않아야 하며, 하수찌꺼기를 일정기간 저장할 수 있는 저류조를 설치한 후 인근 공공하수처리 시설에서 수거 또는 이송하여 통합탈수처리 하는 방안을 강구하여야 함.(공공하수도시설 설치사업 업무 지침(2014, 환경부))
- 옹진군의 경우 섬지역으로 7개의 면별 통합계획을 수립하여야 하나 영흥면의 경우 육지와 연결되어 있어 개별처리토록 하며 기타면은 시설용량 및 장래 하수처리계획을 고려하여 연계처리토록 계획하였음
- 계획 중인 하수처리시설의 경우 하수처리공법 및 슬러지처리공법이 결정되지 않았으므로 예상 발생량을 적용하여 산정하였으나 향후 처리시설별 기본 및 실시설계시 처리공법이 결정되면 그에 따른 물질 수지를 세워 정확한 하수찌꺼기 발생량을 추정하여야 함

1) 전국 유사용량별 하수찌꺼기 발생량 산정

- 옹진군 소규모하수처리시설의 찌꺼기 발생원단위를 산정하기 위해 전국하수도통계를 활용하여 유입하수량에 따라 하수처리시설을 선정하여 하수찌꺼기 발생원단위를 산정하였음

<전국 유사용량별 하수찌꺼기 발생현황>

구 분	규모(m ³ /일)	유입하수량 (m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량 (톤/일)	유입량당 찌꺼기발생량 (kg/m ³)
유사규모	1,000 이하	305,429	63.5	0.208
	1,000 ~2,000 이하	119,916	95.5	0.796

2) 옹진군 계획하수찌꺼기 예상발생량 산정

<각 하수처리시설별 장래 하수찌꺼기 발생량>

구 분		단위찌꺼기 발생량 (kg/m ³)	2020년		2025년		2030년		2035년		비고
			하수량 (m ³ /일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m ³ /일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m ³ /일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m ³ /일)	찌꺼기 (톤/일)	
백령면	가을	0.208	889	0.18	1097	0.23	1096	0.23	1088	0.23	가을 통합
	남포		—	—	139	0.03	139	0.03	138	0.03	
	소 계		889	0.18	1236	0.26	1235	0.26	1226	0.26	
북도면	장봉3	0.208	57	0.01	57	0.01	57	0.01	58	0.01	장봉3 통합
	신도		—	—	183	0.04	184	0.04	185	0.04	
	시도		—	—	91	0.02	91	0.02	90	0.02	
	모도		—	—	42	0.01	42	0.01	42	0.01	
	장봉1		—	—	127	0.03	128	0.03	129	0.03	
	장봉2		176	0.04	179	0.04	181	0.04	182	0.04	
	소 계		233	0.05	679	0.15	683	0.15	686	0.15	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<각 하수처리시설별 장래 하수찌꺼기 발생량(표계속)>

구 분		단위찌꺼기 발생량 (kg/m³)	2020년		2025년		2030년		2035년		비고
			하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	하수량 (m³/일)	찌꺼기 (톤/일)	
연 평 면	대연평	0.796	1,478	1.18	1,481	1.18	1,479	1.18	1,458	1.16	대연평 통합
	소연평	0.208	—	—	26	0.01	26	0.01	26	0.01	
	소 계		1,478	1.18	1,507	1.19	1,505	1.19	1,484	1.17	
대 청 면	선진	0.208	136	0.03	151	0.03	152	0.03	153	0.03	선진 통합
	서내		211	0.04	327	0.07	328	0.07	327	0.07	
	사탄		16	0.00	16	0.00	16	0.00	16	0.00	
	소청		49	0.01	126	0.03	127	0.03	126	0.03	
	소 계		412	0.08	620	0.13	623	0.13	622	0.13	
덕 적 면	서포1	0.208	103	0.02	218	0.05	217	0.05	215	0.04	서포1 통합
	진리		—	—	181	0.04	180	0.04	178	0.04	
	소야		—	—	77	0.02	77	0.02	76	0.02	
	문갑		—	—	33	0.01	33	0.01	32	0.01	
	소 계		103	0.02	509	0.12	507	0.12	501	0.11	
자 월 면	자월	0.208	94	0.02	162	0.03	161	0.03	159	0.03	자월 통합
	대이작		—	—	97	0.02	96	0.02	95	0.02	
	소이작		—	—	33	0.01	33	0.01	33	0.01	
	승봉		—	—	129	0.03	126	0.03	126	0.03	
	소 계		94	0.02	421	0.09	416	0.09	413	0.09	
통합처리 합계			3,209	1.53	4,972	1.94	4,969	1.94	4,932	1.91	
백령면	진촌	0.208	653	0.14	790	0.16	787	0.16	781	0.16	개별처리
영흥면	진두	0.796	1,648	1.31	1,778	1.42	1,775	1.41	1,756	1.40	
	선재	0.208	564	0.12	567	0.12	576	0.12	571	0.12	
	소계		2,212	1.43	2,345	1.54	2,351	1.53	2,327	1.52	
개별처리 합계			2,865	1.57	3,135	1.70	3,138	1.69	3,108	1.68	
총 계			6,074	3.10	8,107	3.64	8,107	3.63	8,040	3.59	

3.4.3 인천광역시 하수찌꺼기 장래 용량검토

가. 장래 하수찌꺼기 통합처리 대상량

- 강화군은 일부 도서지역(주문, 불음)을 제외하면 내륙연계가 가능하므로 전량 인천광역시 구지역과 연계처리하는 것으로 계획함

<인천광역시 장래 하수찌꺼기 통합처리 대상량>

(단위 : 천m³/일, 톤/일)

구 분	2020년		2025년		2030년		2035년		비 고
	하수량	찌꺼기	하수량	찌꺼기	하수량	찌꺼기	하수량	찌꺼기	
합 계	1,103.2	551.3	1,242.0	627.1	1,264.4	640.1	1,317.7	679.9	
구지역	1,092.0	544.0	1,227.1	618.0	1,249.8	631.2	1,303.5	671.2	
강화군	11.2	7.3	14.9	9.1	14.6	8.9	14.2	8.7	주문·불음 제외

나. 인천광역시 하수찌꺼기 시설별 장래 여유용량 검토

- 장래 인천광역시 공공하수처리시설의 찌꺼기 발생량을 검토하여 하수찌꺼기 처리시설 시설용량의 부족 여부를 검토하였음
- 현재 인천광역시의 대부분 하수찌꺼기는 수도권 3개 시·도(인천광역시, 서울시, 경기도)가 수도권매립지에 건설하여 운영 중인 「하수슬러지 자원화시설」에서 처리 중에 있으며, 2018년 기준 기존 고화시설을 비롯하여 1단계, 2단계시설이 완료되어 운영 중임
- 「하수슬러지 자원화시설」의 3단계시설이 2020년 08월 준공예정이며, 3단계 완료시 기존고화시설은 폐쇄예정임. 또한 1단계시설의 가동년도가 2008년 12월부터로 약 10년이 지난 2021년부터는 시설노후화로 인해 운영여부가 불투명하므로 이에 대응한 시설의 설치가 필요할 것으로 판단됨
- 인천광역시의 하수찌꺼기를 처리할 수 있는 시설용량은 2021년 기준으로 300톤/일(「하수슬러지 자원화시설」 계획협약량 200톤/일(2단계 100톤/일, 3단계 100톤/일), 송도자원순환센터 100톤/일)로 인천광역시 하수찌꺼기의 전량처리가 불가함

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<인천광역시 연도별 하수찌꺼기 처리시설 확보 현황>

(단위 : 톤/일)

연도별 처리용량			2019년	2020년	2021년	비 고
시 설 용 량 (A)	수도권 매립지	기존고화	185	－	－	2020.3 폐쇄예정
		1단계	100	100	－	2021년 폐쇄예정
		2단계	100	100	100	－
		3단계	－	100(200) ^{주)}	100(200)	2020.8 준공예정
		소 계	385	300	200	협 약 량
	송도자원순환센터		100	100	100	
	합 계		485	400	300	
하수찌꺼기 발생량(B)			551.3			2020년 발생량 기준
부 족 량 (A-B)			－66.3	－151.3	－251.3	

주) 협약량 변동 없이 시설용량 내에서 추가처리 가능

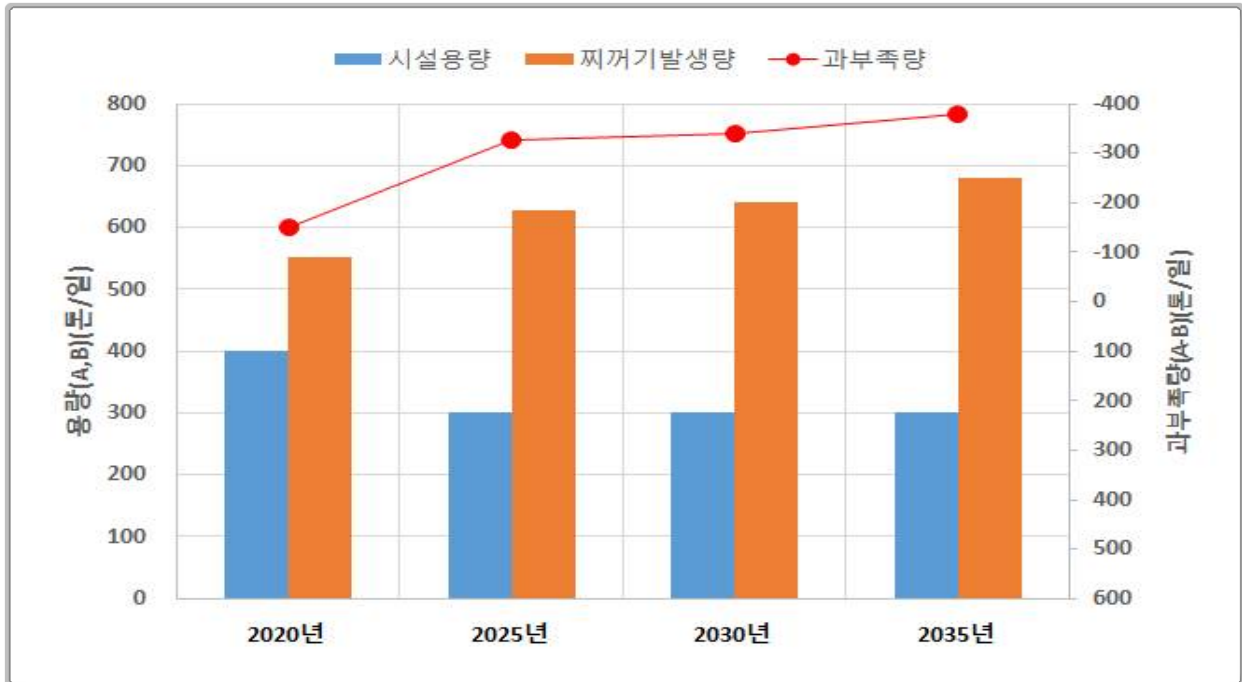
3.4.4 하수찌꺼기 광역 처리·처분계획(안)

- 현재 인천광역시는 송도자원순환센터 외에 하수찌꺼기 처리시설 부재로 수도권매립지 내 「하수슬러지 자원화시설」 운영 중단 시 관내 하수찌꺼기 처리의 어려움이 있으며, 또한 시설노후화로 단계별 폐쇄 예정이 계획되어 있고 장래 운영여부도 불투명한 상황임
- 본 계획의 장래 하수찌꺼기 발생량 및 하수찌꺼기 처리시설의 시설용량을 검토한 결과와 같이 인천광역시의 하수찌꺼기 처리시설 용량은 부족한 실정으로 하수찌꺼기의 전량 처리를 위해서는 처리시설의 신설이 불가피함
- 인천광역시 자체 처분시설인 송도자원순환센터와 수도권매립지의 반입량 준수 및 계약기간을 고려하여 현재와 동일하게 하수찌꺼기 처분을 진행하며, 하수찌꺼기 감량화시설과 처리시설을 신설하여 처리하는 것으로 계획함

<인천광역시 단계별 하수찌꺼기 처리시설 용량 검토>

(단위 : 톤/일)

구 분	하수찌꺼기량(톤/일)				비 고
	1단계(2020년)	2단계(2025년)	3단계(2030년)	4단계(2035년)	
총 시설용량(A)	400	300	300	300	
찌꺼기 발생량(B)	551.3	627.1	640.1	679.9	
과부족량(A-B)	-151.3	-327.1	-340.1	-379.9	



<하수찌꺼기처리시설 단계별 처리용량>

가. 인천광역시 하수찌꺼기 처리시설 신설계획

- 인천광역시 단계별 하수찌꺼기 처리시설 용량을 검토한 결과, 전 단계에서 하수찌꺼기 발생량이 시설용량을 초과하는 것으로 검토되었음
- 현재 인천광역시의 공공하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기(탈수 Cake)는 수도권매립지에 건설하여 운영 중인 「하수슬러지 자원화시설」에서 대부분 처리하고 있음
- 1.3.4절에서 언급한 바와 같이 수도권매립지의 허가된 반입량이 적고 우천, 휴일 등으로 반입하지 못하는 경우가 많음
- 인천광역시는 송도자원순환센터 외에 하수찌꺼기 처리시설이 부재하여 수도권매립지의 반입이 불가할 경우 사설(민간)처리장으로 반출이 이루어져야 하지만 사설처리장의 경우 단가상승 문제 및 사설처리장의 최종제품 수요처 확보의 어려움으로 인해 하수찌꺼기의 지속적인 반출이 어려움
- 하수찌꺼기의 장래발생량 증가 및 하수찌꺼기 처분에 대한 어려움이 있으므로 하수찌꺼기 발생량의 감소가 필요하며 하수찌꺼기 감량화를 위해서 소화조 신설을 운영해야 할 것으로 판단됨
- 인천광역시 내 하수찌꺼기의 원활한 처리를 위해 소화조시설 신설을 통한 하수찌꺼기의 감량화를 계획하였으며, 이와 더불어 자체처리시설 신설을 검토하였음
- 인천광역시의 하수찌꺼기 자체처리시설 신설시 타당성 조사 또는 기본 및 실시설계를 통하여 법적 규제 사항, 공공하수처리시설 규모, 하수찌꺼기 발생량 등을 감안하여 건조연료화, 고화, 소각, 탄화, 부숙화 등의 처리방법에 대하여 지역특성, 경제성, 기술성, 환경성, 유지관리성 등을 종합하여 비교·분석한 후 결정할 수 있도록 하여야 함
- 하수찌꺼기 처리방법에 따른 최종처분을 위한 적정한 수요처의 확보도 병행되어야 함

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<인천광역시 하수찌꺼기 처리시설 계획(안)>

구 분	시 설 계 획		비 고
	1단계(하수찌꺼기 감량화시설)	2단계(하수찌꺼기 처리시설)	
대상 폐기물	- 하수찌꺼기(관내), 분뇨슬러지(가좌), 음폐수(관내), 협잡물(관내)	- 하수찌꺼기(관내)	
사업규모	- 유기성폐기물 250톤/일 (하수찌꺼기 200톤/일, 분뇨 50톤/일) - 음폐수 90톤/일	- 하수찌꺼기 350톤/일	
사업기간	2020년 ~ 2022년	~ 2025년	
소요사업비	79,700백만원(국비30% ^{주1)} , 시비70%)	55,000백만원 ^{주2)}	

주1) 하수슬러지 감량화(에너지화) 시설 사업으로 국비 30%지원

주2) 하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019.1, 환경부) 건조연료화 기준

나. 하수찌꺼기 감량화 사업

- 인천광역시의 하수찌꺼기 감량화 사업을 수행하기 위해 인천광역시 가좌공공하수처리시설의 소화조시설의 신설을 검토하였음
- 가좌공공하수처리시설은 기존 소화조시설 노후화로 장기간 제 기능이 상실됨에 따라 하수슬러지 처리 비용 및 하수처리장 운영비용이 증가하는 문제점 발생하고 있는 실정임
- 가좌공공하수처리시설 내 기존 소화조시설 신설 등 통합처리시설을 구현하여 처리효율에 안정성을 도모하고, 소화가스 생산으로 에너지 절약형 하수도시설을 구축하여 하수찌꺼기 발생량 감소로 하수찌꺼기 처리시설 추가 여유용량도 확보할 수 있도록 계획하였음
- 금회 기본계획에서는 소화조 용량 산정에 필요한 개략적인 하수찌꺼기량(고형물량)을 검토하여 시설용량을 결정하였으며, 세부 물질수지 검토에 따른 상세 소화조 용량 및 시설계획은 기본 및 실시설계 수립 시 결정되어야 함

1) 소화조 설치에 따른 하수찌꺼기 절감량

- 가좌공공하수처리시설 소화조 신설에 따른 하수찌꺼기 감량율은 하수도시설기준(2011)기준에 따라 약 30%(VS 비율 60%, 소화효율 50%)을 적용하여 산정하였음

<소화조 설치에 따른 하수찌꺼기 절감량>

(단위 : 톤/일)

구 분	하수찌꺼기량				비 고
	1단계(2020년)	2단계(2025년)	3단계(2030년)	4단계(2035년)	
찌꺼기 발생량(A)	551.3	627.1	640.1	679.9	
소화조 설치 후 절감량(B) ^{주)}	-	60	60	60	하수찌꺼기 200톤/일 반입 기준
소화조 설치 후 찌꺼기 발생량(A-B)	551.3	567.1	580.1	619.9	

주) $B = V - \{(V \times VS \times \text{소화율}) + (V \times 0.4)\}$, V : 소화조 용량(m^3)

2) 하수찌꺼기 감량화 사업 타당성 검토

- 가좌공공하수처리시설 내의 소화조 설비는 시설노후에 따른 소화효율 저하로 현재 정상적으로 운영되지 못하고, 장기간 슬러지 저류조로 활용되고 있어 재가동을 위해서는 시설 전반에 걸쳐 보수 및 개선이 필요한 상태임
- 2017년 가좌하수처리시설 기술진단 및 2018년 가좌사업소 시설물 정밀안전점검 용역 결과 단순하게 기존 소화조의 노후설비 교체 및 구조물의 보완 등을 통해서도 효과적인 소화효율 향상을 기대하기 어려울 것으로 판단됨

<가좌공공하수처리시설 내 감량화(소화조) 시설의 문제점>

구 분	문 제 점	비 고
가좌공공 하수처리시설 감량화 시설	소화조 처리계통의 시설물 및 기계배관 등은 공용기간이 2019년 기준 27년 이상 경과 → 소화조 준공 : 1992.02.01	
	슬러지 처리계통의 법적(지방공기업법 시행규칙, 행정자치부령 2011-222호) 사용내 구연수 20년을 초과뿐만 아니라 노후화가 심각 → 소화가스 기밀상태 및 소화조 보온 유지가 어려움, 소화조 구조물의 안전성 우려 → 시설 노후화 및 소화효율 저하 등 소화조의 기능이 상실된 상태로 2009년 이후 소화조 운영 가동정지 10년간 방치(단순 저류조로 활용)	
	단순 기계, 배관 및 센터(가스)돔의 개량만으로는 소화조 정상가동이 어려운 실정	
	기계식 교반기 전환시 센터(가스)돔 구조물의 하중지지 문제로 기존 토목구조물의 보 강이 필요	
	기존 소화조 시설물 철거 후 신설을 통한 소화조 시설 현대화가 필요	

주) 가좌공공하수처리시설 소화조 운영방안 타당성조사(2018.7, 인천환경공단)

<하수찌꺼기 감량화시설 생애주기비용(LCC)분석>

구 분	사업비 ¹⁾ (백만원)	유지관리비 ²⁾		LCC ³⁾ (백만원)	비 고
		(백만원/년)	(백만원/20년)		
1단계 (감량화사업)	79,700.0	3,159.0	41,092.1	120,792.1	

주1) 하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019.1, 환경부)

주2) 가좌공공하수처리시설 소화조 운영방안 타당성조사(2018.7, 인천환경공단)

주3) 할인율 4.5% 적용

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<소화가스 활용방안별 특징 비교>

구 분	1안 열병합발전기 설치	2안 도시가스 판매	3안 건조설비 설치
개념도			
특징	<ul style="list-style-type: none"> · 전기생산 판매 수익 창출 (단, 발전사업자 지정 필요) · 폐열회수 활용방안 강구 : 장내 냉난방 활용 등 · 슬러지 감량(VS_{re} 50%) 만큼 슬러지처리비(W.C 75%) 절감 · 소화가스 정제시설 복잡 (탈황: 습식, 제습기, 탈실록산 등) 	<ul style="list-style-type: none"> · Bio-CH₄ gas 고순도 정제판매 수익창출 · 슬러지 감량(VS_{re} 50%) 만큼 슬러지처리비(W.C 75%) 절감 · 소화가스 정제시설은 열병합발전 설비 보다 단순 (탈황: 습식, 제습기 등) 	<ul style="list-style-type: none"> · 슬러지 함수율(W.C 75%→10%)감소, 슬러지처리비 절감 이 큼 · 건조부산물 시멘트 원료 및 화력발전소 연료 판매시 수익창출, 또는 무상공급시 최소 슬러지처리비 無 → 향후 슬러지 매립·소각 처리 비용 상승 대비 유리 · 소화가스 정제시설이 단순함(탈황설비) · 초기투자비(목표 건조함수율에 따라 다름)가 열병합발전 설비 보다 큼
검토사항	<ul style="list-style-type: none"> · 편익 : 수익창출 + 슬러지 처리비 · 비용 : 초기투자비 + 유지관리비(보조연료비, 수선비, 인건비 등) 		

<사업시행 시 편익 산정결과>

구 분	1안	2안	3안	4안	비 고
	가좌	가좌+음폐기물	가좌+음폐수	가좌+건조	
슬러지처리 저감비용	3,171	6,656	4,567	6,070	<ul style="list-style-type: none"> · 하수슬러지 매립단가: 114,300원/톤(w.c. 80%) · 음식물류폐기물 처리단가: 123,676원/톤 · 음식물폐수 처리단가: 45,000원/톤
전력생산 판매 + 폐열회수 활용	1,526	2,240	1,957	—	<ul style="list-style-type: none"> · 발전효율: 33% 전력 판매단가: 197.15원/kWh (신재생에너지 거래단가, SMP+REC) · 폐열회수량: 46%, 전력대체 단가: 115.14원/kWh (2017년 발주처 전력소비 단가)
소화조 가온 대체 비용	625	863	732	625	<ul style="list-style-type: none"> · 등유기준 사용 대체 비용 · 연간 360일 기준
온실가스 배출권 금액	122	176	153	79	<ul style="list-style-type: none"> · CO₂톤당 22,000원, 온실가스 배출권 거래소 ('18.05.29기준)
합 계	5,445	9,935	7,409	6,774	

주) 가좌공공하수처리시설 소화조 운영방안 타당성조사(2018.7, 인천환경공단)

<하수찌꺼기 감량율>

시설명	설계 TS (%)	소화조 유입			소화조 유출		감량율 (%)	비고
		유량 (m³/일)	TS (%)	부하 (kg/일)	TS (%)	부하 (kg/일)		
평균	5.31	478.0	4.83	21,247	3.04	12,880	37.7	
수원	5.60	784.8	2.68	21,046	1.99	15,610	25.8	
춘천	5.28	509.0	3.64	18,526	1.49	7,602	59.0	
마산	5.00	779.4	2.56	19,932	1.77	13,792	30.8	
굴포	5.00	1,905.7	4.84	92,255	3.10	59,161	35.9	
안산	8.00	781.3	4.20	33,260	2.71	21,162	36.4	
아산	6.00	147.7	5.44	8,032	3.00	4,433	44.8	
문경	3.25	309.3	3.73	11,545	2.79	8,619	25.3	
군산	4.59	471.7	3.88	18,296	2.24	10,579	42.2	
의정부	4.00	375.0	6.35	23,804	3.05	11,439	51.9	
삼천포	4.35	143.6	3.73	5,353	2.00	2,872	46.3	
진주	5.20	418.7	4.28	17,937	2.91	12,186	32.1	
원주	6.80	263.6	6.04	15,917	2.16	5,696	64.2	
이천	5.00	117.1	4.96	5,812	3.40	3,979	31.5	
청주	15.40	315.0	10.71	33,744	6.01	18,932	43.9	
광주제1	3.80	862.5	3.21	27,655	2.06	17,767	35.8	
통북	5.00	204.3	3.76	7,678	2.60	5,313	30.8	
남원	5.00	50.9	5.94	3,024	4.01	2,040	32.5	
양산	4.20	411.9	4.06	16,737	2.56	10,540	37.0	
강변	2.90	1,339.8	4.65	62,363	2.42	32,456	48.0	
안동	3.50	212.2	2.44	5,169	1.99	4,223	18.3	
경산	4.00	92.5	4.20	3,881	3.15	2,911	25.0	
제천	2.20	232.8	6.95	16,176	3.87	9,009	44.3	
부산	4.73	778.0	4.73	36,766	3.02	23,530	36.0	
여수	8.88	107.0	8.88	9,528	5.70	6,116	35.8	
익산	5.00	335.0	5.00	16,733	6.00	12,035	28.1	

주) 자료 : 하수찌꺼기 감량화사업 성과평가 및 개선방안(2019.7, 환경부)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

다. 하수찌꺼기 처리시설 신설

- 인천광역시는 송도자원순환센터 외에 하수찌꺼기 처리시설이 부재하고 수도권매립지 및 사설(민간)처리장으로의 반출이 원활하지 않아 하수찌꺼기의 지속적인 반출이 어려움
- 현재 인천광역시 공공하수처리시설에서 공통적으로 나타나는 하수찌꺼기 반출의 어려움 및 장래 하수찌꺼기 발생량의 증가로 인해 추후 공공하수처리시설의 전반적인 수처리 및 하수찌꺼기 처리계통에 악영향을 미칠 것으로 판단됨
- 인천광역시의 장래 하수찌꺼기 발생량을 검토한 결과, 수도권매립지 시설의 단계별 폐쇄 등으로 인한 불확실한 장래 협약량과 송도자원순환센터의 시설용량으로는 인천광역시 내 하수찌꺼기의 전량 처리가 불가능한 것으로 나타남
- 장래 하수찌꺼기의 원활한 처리를 위해 가좌공공하수처리시설 내의 감량화시설과 더불어 인천광역시 내의 자체처리시설을 계획하여 공공하수처리시설의 수처리 및 하수찌꺼기 처리계통의 효율적인 운영을 도모하였음

1) 하수찌꺼기 처리시설 입지 검토

- 인천광역시 하수찌꺼기의 대부분을 처리하고 있는 수도권매립지와 송도자원순환센터는 인천광역시의 북단과 남단에 나뉘어 존재하고 있어 금회 하수찌꺼기 처리시설 계획은 각 공공하수처리시설에서의 운반 및 이송이 용이한 중부지역으로 선정하고자 함
- 하수찌꺼기 처리시설의 경우 혐오시설의 일종으로 건설 전·후 인근지역주민의 생활환경 및 사회적 문제를 수반하기 때문에 부지선정에 어려움이 있어 기존공공하수처리시설 부지를 활용하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- 중부지역의 기존 공공하수처리시설은 남향하수처리시설, 승기하수처리시설, 만수하수처리시설이 존재하며, 이 중에 만수하수처리시설은 인천광역시에서 비교적 외곽에 위치하여 금회 하수찌꺼기 처리시설 부지 검토에서 제외하였음
- 승기하수처리시설은 기존시설의 노후화에 의한 처리효율의 저하와 주변 도심지 확장 등 여건변화에 따라 재건설 혹은 타부지 신설에 대한 검토 중으로 기존 부지에 하수찌꺼기 처리시설을 계획하기에는 부적합한 것으로 판단됨
- 따라서 금회 계획에서는 남향하수처리시설에 하수찌꺼기 처리시설을 설치하는 것으로 계획하였음

<남향 공공하수처리시설 설치현황>

구 분	시설개요
시설용량($\text{m}^3/\text{일}$)	125,000
위 치	인천광역시 중구 신흥동3가 69
부지면적(m^2)	186,000 m^2
방류수역	갯골유수지 후단부 → 인천연안



<남항 공공하수처리시설 시설현황>

2) 하수찌꺼기 처리시설 생애주기비용(LCC) 분석

- 하수찌꺼기 처리시설에 따른 사업비와 생애주기비용(LCC)을 산정하여 비교하여 그 결과를 다음 표에 나타내었음
- 타 처리공법에 비해 건조연료화 방식이 경제적인 것으로 검토되어 금회 계획에서 자체처리시설의 처리 공법은 건조연료화 방식으로 계획하였음

<하수찌꺼기 처리시설 사업비 및 생애주기비용(LCC)분석 비교>

구 분		사업비 ¹⁾ (백만원)	유지관리비 ²⁾		LCC ³⁾ (백만원)	선 정
			(백만원/년)	(백만원/20년)		
2단계 (자체처리시설)	건조 연료화	54,600.0	4,200.0	54,633.3	109,233.3	◎
	고화	42,100.0	9,100.0	118,372.2	160,472.2	
	소각	61,300.0	135,000.0	1,756,071.4	1,817,371.4	
	탄화	44,300.0	6,900.0	89,754.8	134,054.8	
	부숙화	38,600.0	25,100.0	326,499.2	365,099.2	

주1) 하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019.1, 환경부)

주2) 하수처리시설 소요비용 연구용역(2010.10, 환경부)

주3) 할인율 4.5% 적용

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

라. 하수찌꺼기 처리시설 단계별 용량 검토

- 인천광역시 단계별 하수찌꺼기 처리시설 용량을 검토한 결과, 1단계에서 하수찌꺼기 발생량이 시설용량을 초과하는 것으로 검토되었으나 감량화사업 및 자체처리시설 신설계획을 1,2단계에 수행함으로써 장래 하수찌꺼기 처리시설의 적정용량을 확보하는 것으로 나타났음
- 감량화 사업 및 자체처리시설 사업의 완료 이전 1단계와 운영시간 적용 시 4단계의 하수찌꺼기 부족분에 대한 처리는 현재 이용되고 있는 민간업체에 위탁 처리하는 방법을 병행하는 것으로 계획하였음
- 또한 현재 수도권매립지 처리시설의 장래 운영여부가 불투명한 상황이므로 이에 따라 인천광역시의 하수찌꺼기 처리시설 확보에 대해 재검토가 필요할 것으로 판단됨

<인천광역시 하수찌꺼기 처리시설 단계별 용량 검토>

(단위 : 톤/일)

구 분	하수찌꺼기량				비 고
	1단계(2020년)	2단계(2025년)	3단계(2030년)	4단계(2035년)	
금회사업계획	감량화사업	자체처리시설	—	—	
총 시설용량(A)	400	650	650	650	
수도권매립지	300	200	200	200	
송도자원순환센터	100	100	100	100	
처리시설 신설	—	350	—	—	
찌꺼기 발생량(B)	551.3	567.1	580.1	619.9	
과부족량(A-B)	-151.3	82.9	69.9	30.1	

<하수찌꺼기 처리시설 운영시간 적용 용량 검토>

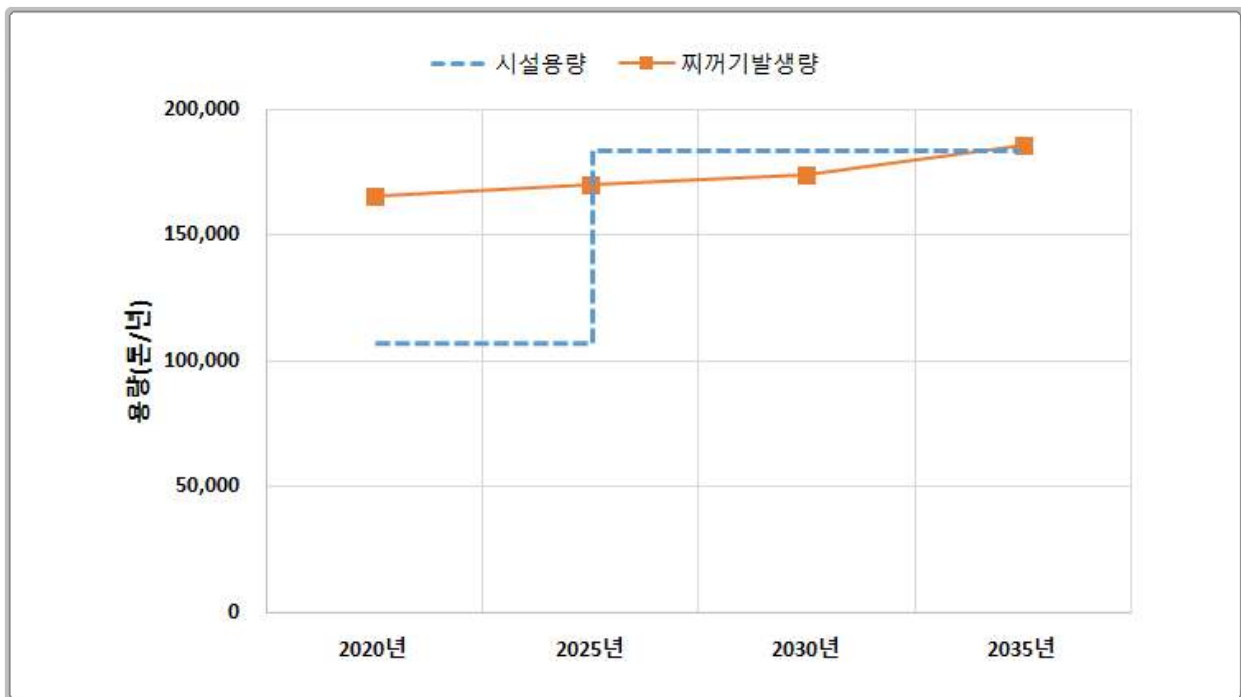
(단위 : 톤/년, 톤/일)

구 분	하수찌꺼기량				비 고
	1단계(2020년)	2단계(2025년)	3단계(2030년)	4단계(2035년)	
금회사업계획	감량화사업	자체처리시설	—	—	
총 시설용량(A)	105,000	185,000	185,000	185,000	
수도권매립지	75,000	50,000	50,000	50,000	250일/년
송도자원순환센터	30,000	30,000	30,000	30,000	300일/년
처리시설 신설	—	105,000 (350톤/일)	—	—	300일/년
찌꺼기 발생량(B)	165,390	170,130	174,030	185,970	300일/년
과부족량(A-B)	-60,390	14,870	10,970	-970	톤/년
	-165.5	40.7	30.1	-2.7	톤/일

<인천광역시 하수찌꺼기 최종 처리·처분계획>

(단위 : 톤/년)

구 분	1단계 (2020년)	2단계 (2025년)	3단계 (2030년)	4단계 (2035년)	비 고
계획 하수찌꺼기 발생량	165,390	170,130	174,030	185,970	
발생찌꺼기량	165,390	188,130	192,030	203,970	300일/년
구지역	163,200	185,400	189,360	201,360	300일/년
강화군	2,190	2,730	2,670	2,610	주문·불음 제외
하수찌꺼기 감량화	—	18,000	18,000	18,000	200톤/일 반입기준 300일/년
총 시설용량	105,000	185,000	185,000	185,000	
수도권매립지	75,000	50,000	50,000	50,000	250일/년
송도자원순환센터	30,000	30,000	30,000	30,000	300일/년
처리시설 신설	—	105,000	—	—	300일/년
과부족량	-60,390	14,870	10,970	-970	톤/년
	-165.5	40.7	30.1	-2.7	톤/일



<하수찌꺼기처리시설 단계별 중설계획>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

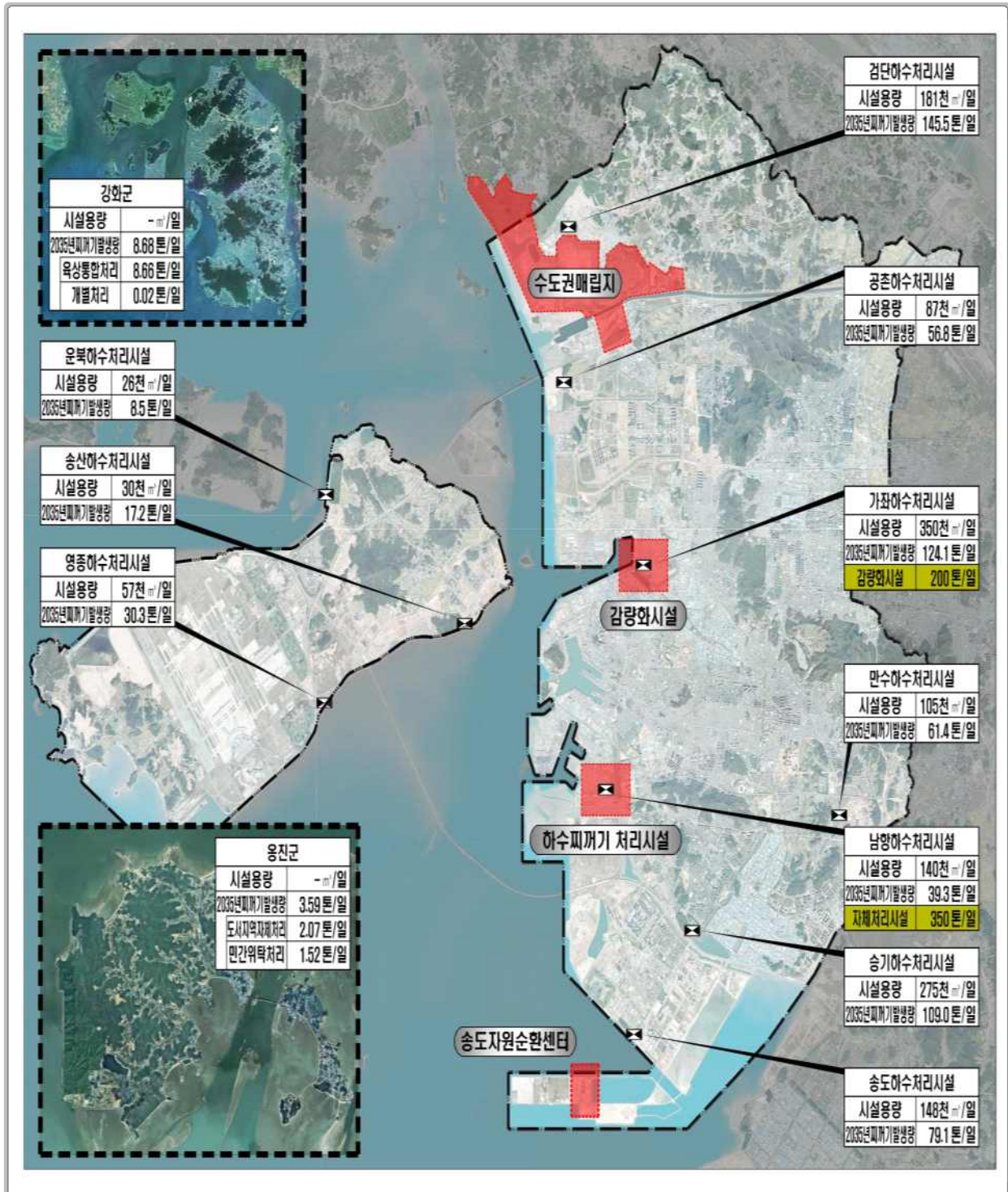
제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장



<하수처리 · 처분계획(안)>

<인천광역시 하수찌꺼기 처리·처분계획>

구 분	인천권역	강화권역	옹진권역	비 고			
발생찌꺼기량 (톤/일)	671.2	8.68	3.59	2035년 기준			
성상	· TS : 19.8% · VS : 69.2% · Cd : 3.15mg/kg · As : 269.9mg/kg · Hg : 0.28mg/kg	· TS : 19.5% · VS : 80.4% · Cd : 0.43mg/kg · As : 1.37mg/kg · Hg : 0.37mg/kg	—	2017년 기준			
하수찌꺼기 재이용 현황	· 연료화 : 0.4% · 부숙화 : 5.3% · 기 타 : 11.5%	· 연료화 : 0.0% · 부숙화 : 0.1% · 기 타 : 0.0%	—	2017년 기준			
처리장 입지조건에 따른 광역처리· 처분	· 가좌공공하수처리시설 소화조신설 :인접 처리시설 하수찌꺼기 연계처리가능 · 자체처리시설 신설 :인천광역시 관내 하수찌 꺼기 처리 가능	권역별 하수찌꺼기 탈수처리 · 강화하수처리시설 :강화 · 외포하수처리시설 :외포,교동,창후,내가, 석모,망월,매음 · 온수하수처리시설 :온수,두운 · 상방하수처리시설 :상방,능내,선두,장화, 하일,동막 · 자체처리 :주문,불음	권역별 하수찌꺼기 처리 · 백령면(가을) :가을,남포 · 북도면(장봉3) :장봉3,신도,시도,모도, 장봉1,장봉2 · 연평면(대연평) :대연평,소연평 · 대청면(선진) :선진,서내,사탄,소청 · 덕적면(서포1) :서포1,진리,소야,문갑 · 자월면(자월) :자월,대이작,소이작, 승봉				
공법별 경제성검토	(단위 : 백만원)				350톤/일 기준		
	구 분	건조연료화	고화	소각		탄화	부숙화
	사업비	54,600	42,100	61,300		44,300	38,600
	유지관리비	4,200	9,100	135,000	6,900	25,100	
에너지 절약	○ 하수찌꺼기 에너지화 잠재량('17) : 385톤/일 ○ 하수찌꺼기 고품연료 생산량 : 85 톤/일 — 385톤/일 × 22% = 85 톤/일 ○ 고품연료 총 발열량 : 255 Gcal/일 — 85톤/일 × 3,000kcal/kg = 255 Gcal/일 ○ 연간 석탄 절감량 : 15,330 톤/년 — 하수찌꺼기 연료를 석탄량으로 환산(발열량 적용) : 255 Gcal/일 ÷ 6,020kcal/kg = 42 톤/일 — 연간 석탄 절감량 : 42톤/일 × 365일/년 = 15,330 톤/년 ○ 연간 석탄 절감액 : 약 18억원 — 연간 석탄 절감량 × 석탄가격 = 15,330톤/년 × 116,390원/톤 = 1,784백만원					하수찌꺼기 연료화에 따른 기대효과	
종합결론	○ 인천광역시 구지역 및 강화권역의 계획 하수찌꺼기 발생량과 처리시설을 검토한 결과, 가좌하수처리시설 내 소화조 감량화 시설을 설치하고 추후 자체처리시설을 신설하여 운영한다면 발생 하수찌꺼기의 적정 처리와 처분이 가능한 것으로 판단됨 ○ 옹진권역은 도서지역인 지역적 특성을 반영하여 개별처리를 계획함						

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

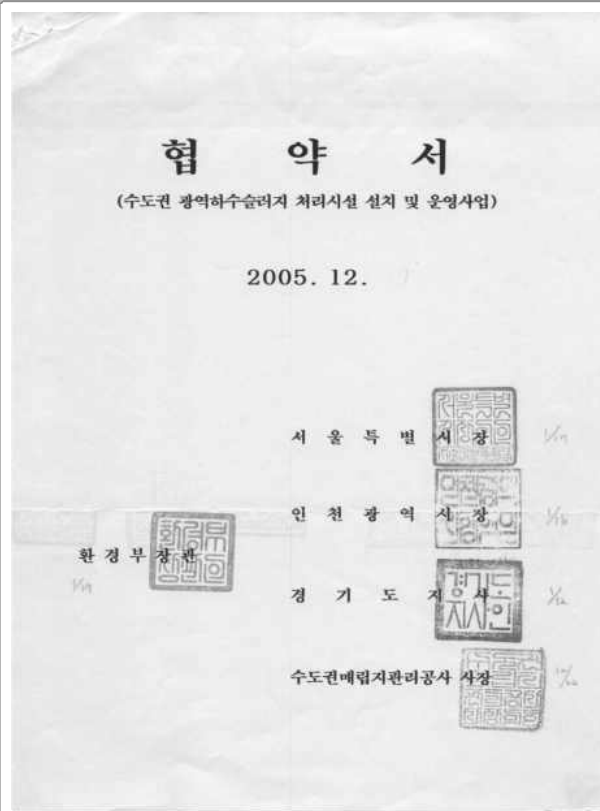
제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장



제3조(사업량 및 사업의 범위)

① 사업량

수도권매립지에 반입처리하는 하수슬러지 처리량은 일 2,000톤 규모로 하며, 3개 시·도별 처리량은 다음과 같다.

(단위 : 톤)

구분	계	서울시	경기도	인천시
처리량	2,000	1,000	800	200
비율(%)	100	50	40	10

② 사업의 범위

공사에서 수행하는 사업의 범위는 다음과 같다.

1. 슬러지 처리시설 설계용역
2. 슬러지 처리시설 설치사업
3. 슬러지 처리시설 설치 책임감리용역
4. 슬러지 처리시설 운영관리

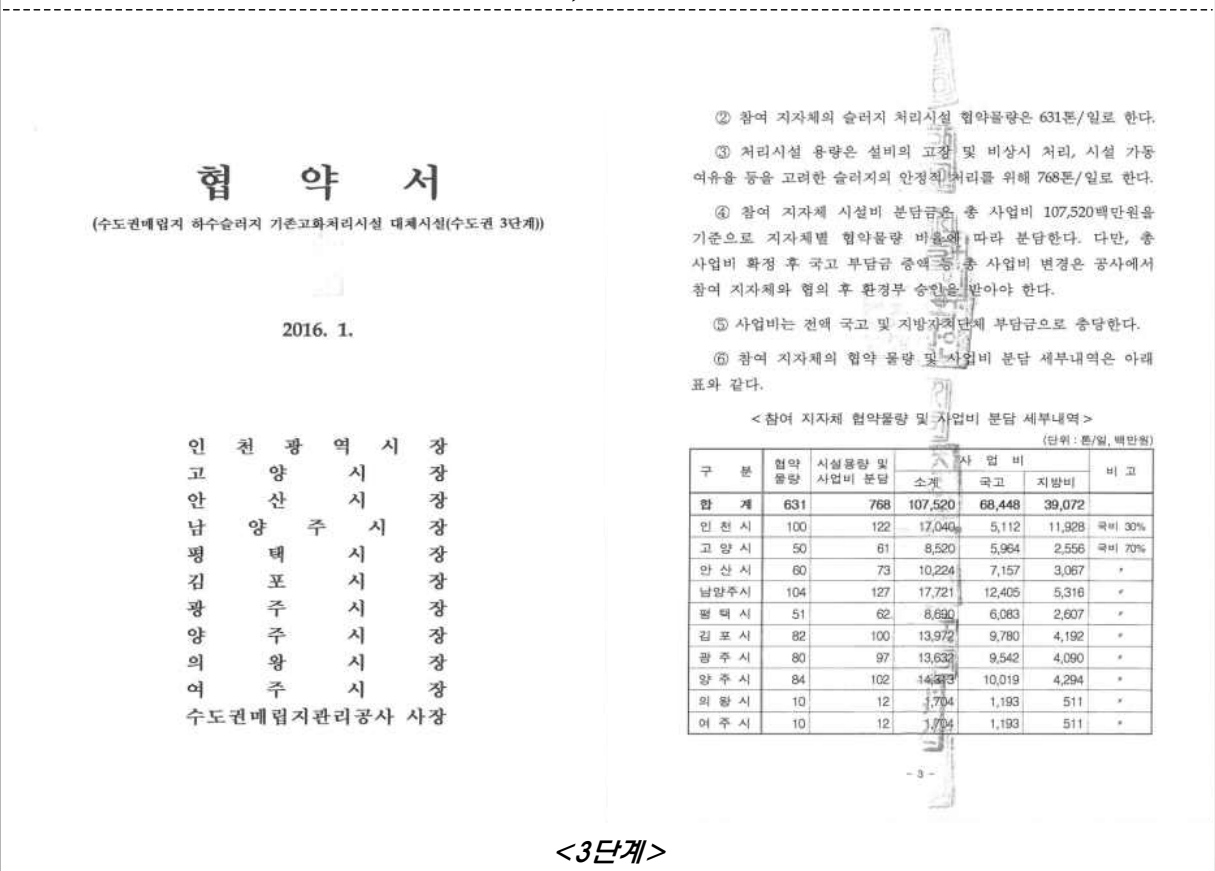
제4조(사업 추진방법)

① 본 사업은 단계별·연차적으로 실시하고 1단계 고화처리시설 설치사업은 2008년 가동목표로 추진한다. 다만, 2단계 이후 설치사업은 슬러지 반입량을 고려 그 시기 및 방법 등을 결정한다.

1. 1단계('06.1~'07.12) : 일 1,000톤
2. 2단계('08년 이후) : 일 1,000톤

② 향후 슬러지 반입량이 일 2,000톤이 초과될 시 공사는 적정 처리방안을 강구하여야 한다.

<1, 2단계>



② 참여 지자체의 슬러지 처리시설 협약물량은 631톤/일로 한다.

③ 처리시설 용량은 설비의 고장 및 비상시 처리, 시설 가동 여유율 등을 고려한 슬러지의 안정적 처리를 위해 768톤/일로 한다.

④ 참여 지자체 시설비 부담금은 총 사업비 107,520백만원을 기준으로 지자체별 협약물량 비율에 따라 분담한다. 다만, 총 사업비 확정 후 국고 부담금 증액 등 총 사업비 변경은 공사에서 참여 지자체와 협의 후 환경부 승인을 받아야 한다.

⑤ 사업비는 전액 국고 및 지방자치단체 부담금으로 충당한다.

⑥ 참여 지자체의 협약 물량 및 사업비 분담 세부내역은 아래 표와 같다.

<참여 지자체 협약물량 및 사업비 분담 세부내역>

(단위 : 톤/일, 백만원)

구분	협약물량	시설물량 및 사업비 분담	사업비			비고
			소계	국고	지방비	
합계	631	768	107,520	68,448	39,072	
인천시	100	122	17,040	5,112	11,928	국비 30%
고양시	50	61	8,520	5,964	2,556	국비 70%
안산시	60	73	10,224	7,157	3,067	*
남양주시	104	127	17,721	12,405	5,316	*
평택시	51	62	8,660	6,083	2,607	*
김포시	82	100	13,972	9,780	4,192	*
광주시	80	97	13,632	9,542	4,090	*
양주시	84	102	14,373	10,019	4,294	*
의왕시	10	12	1,704	1,193	511	*
여주시	10	12	1,704	1,193	511	*

<3단계>

<수도권 매립지 하수찌꺼기 반입량 협약서>