

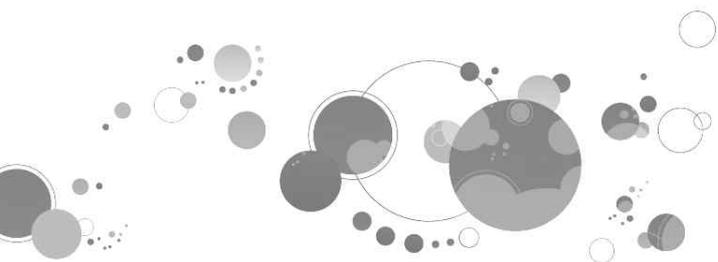


제5장 하수찌꺼기 처리 · 처분계획

Contents

수원시 하수도정비 기본계획(변경)

1. 기초조사
2. 하수찌꺼기(슬러지) 처분방법



제5장 하수찌꺼기(슬러지) 처리 · 처분계획

1. 기초조사

1.1 하수찌꺼기 처리현황 및 문제점

1.1.1 개요

- 생활수준의 향상과 경제규모의 성장으로 우리나라 하수도 보급률은 2019년 기준 94.3%를 나타내고 있으며, 하수처리시설 위주에서 하수관로 보급 확대로 하수도 정책이 변화하고 있음
- 하수관로 정비 BTL사업과 분류식화 사업 등으로 인한 분류식 하수관의 보급률이 증가하여 이로 인한 분뇨 직투입으로 하수찌꺼기의 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 수원시의 하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기 처리를 위한 다양한 처리·처분방법을 검토하여 지역특성에 적합하고 처리비용을 절감시킬 수 있는 합리적인 방안을 제시하고자 함

1.1.2 하수찌꺼기(슬러지) 처리 · 처분 현황

- 수원시는 2020년 기준 수원, 서호 등 2개의 하수처리시설에서 567천톤/일을 처리할수 있는 시설용량을 확보함.
- 일평균 실제 처리량은 545,615톤/일이며 톤당 하수찌꺼기량은 0.713kg/m³으로 연간 142,052톤(일평균 389.2톤/일) 발생되고 있음.
- 수원시는 2011년 해양투기가 금지됨에 따라 건조화시설을 증설하여 585톤/일(1단계 450톤/일, 2단계 135톤/일)의 하수찌꺼기 건조화후 연료화 설비를 운영중이며 발생량의 93.1%은 건조화 설비, 재활용 5.7%, 기타 8.1%로 최종처분하고 있음.

〈표 5.1-1〉 수원시 하수찌꺼기(슬러지) 처리현황

(단위 : 톤/년)

구 분	처리용량 (m ³ /일)	찌꺼기 발생량			처분량(톤/년)				
		연평균 (톤/년)	일평균 (톤/일)	톤당발생 량(kg/m ³)	소 계	건조후 연료화	재활용	매립	기타
2017년	563,706	130,816	358.4	0.636	130,816	130,816	-	-	-
2018년	560,710	151,427	414.9	0.740	151,427	140,358	4,871	-	6,198
2019년	519,554	162,934	446.4	0.859	162,934	134,766	11,347	-	16,821
2020년	538,488	123,031	337.1	0.626	123,031	123,031	-	-	-
평균	545,615	142,052	389.2	0.713	142,052	132,243	8,109	-	11,510

주) 하수도통계(2020년, 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

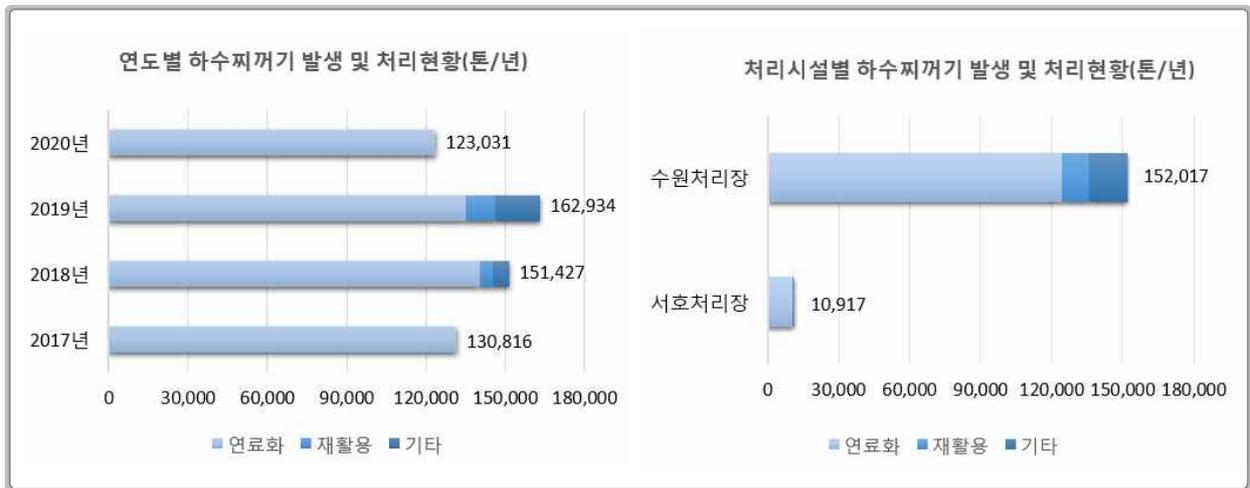
제 10 장

〈표 5.1-2〉 처리시설별 하수찌꺼기(슬러지) 처리현황(2019년기준)

(단위 : 톤/년)

구 분	처리용량 (m ³ /일)	찌꺼기 발생량			처분량(톤/년)				
		연평균 (톤/년)	일평균 (톤/일)	톤당발생 량(kg/m ³)	소 계	건조후 연료화	재활용	매립	기타
계	519,554	162,934	446.4	0.859	162,934	134,766	11,347	-	16,821
수원	478,035	152,017	416.5	0.871	152,017	124,244	11,347	-	16,426
서호	41,519	10,917	29.9	0.720	10,917	10,522	-	-	395

주) 하수도통계(2020년, 환경부)



〈그림 5.1-1〉 수원시 하수찌꺼기 발생현황

1.1.3 처리시설별 처리현황

가. 개요

○ 수원시는 수원, 서호 등 2개의 공공하수처리시설과 분뇨처리시설이 운영중이며 분뇨처리시설은 전처리후 수원공공하수처리시설로 연계처리하고 있음.

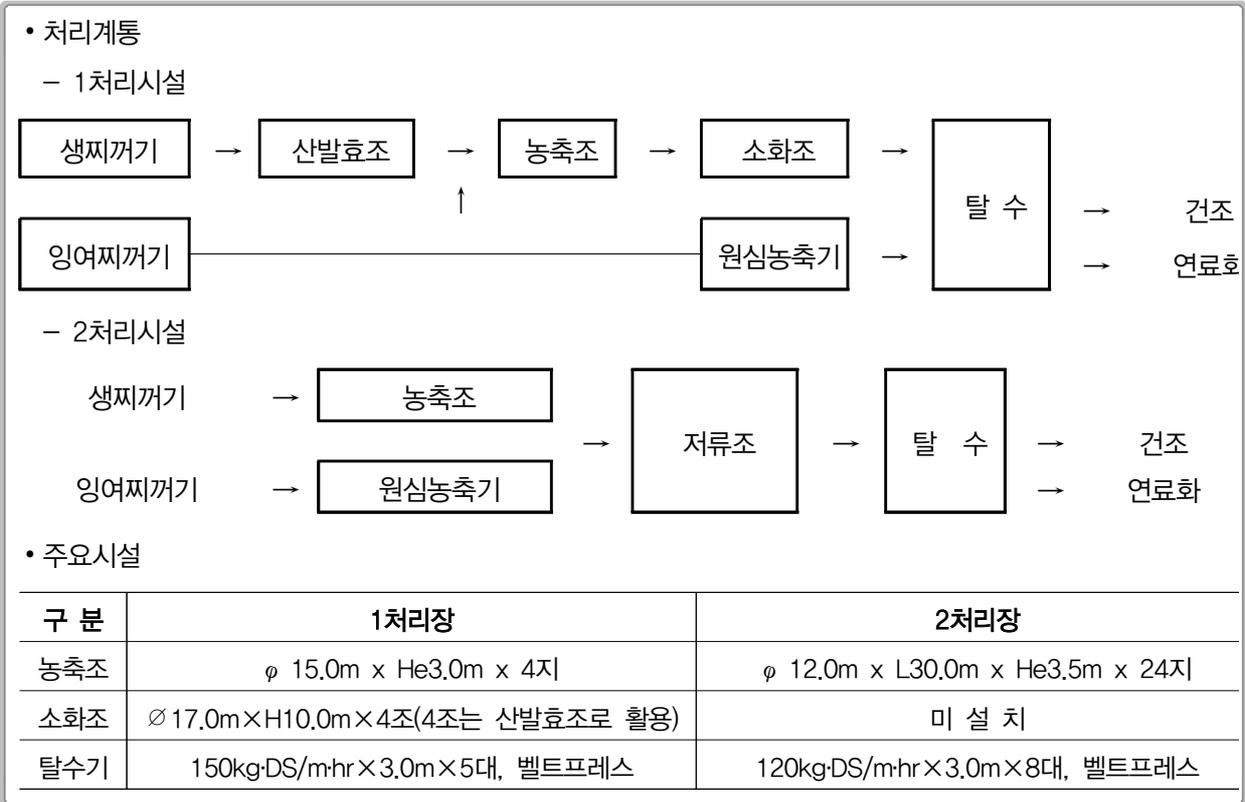
〈표 5.1-3〉 수원시 하수찌꺼기(슬러지) 처리현황

구 분	하수찌꺼기 처리방법	최종처분방법
공공 하수처리시설	수원	수원공공 하수처리시설내 하수찌꺼기 건조화 시설 이송 ⇨ 건조화 후 연료화
	서호	
분뇨 처리시설	수원처리장 연계처리	

나. 수원공공하수처리시설

1) 처리계통

- 수원공공하수처리시설의 용량은 520,000m³/일이며 1처리장은 220,000m³/일로 2009년 TEC-BNR공법으로 고도처리를 완료하여 운영중이며 2처리장은 300,000m³/일로 4Stage-BNR공법으로 운영중임.
- 1처리장하수찌꺼기 처리
 - 생찌꺼기는 중력침강이 가능하므로 중력농축 후 소화조에서 감량화하여 잉여찌꺼기와 혼합 후 탈수시킴
 - 잉여찌꺼기는 중력농축이 어려우므로 기계농축 후 생찌꺼기와 혼합 후 탈수시킴
- 2처리장 하수찌꺼기 처리
 - 생찌꺼기는 중력침강이 가능하므로 중력농축 후 잉여찌꺼기와 혼합 후 탈수시킴
 - 잉여찌꺼기는 중력농축이 어려우므로 기계농축 후 생찌꺼기와 혼합 후 탈수시킴
- 하수찌꺼기 처분
 - 하수찌꺼기 → 건조연료화 설비, 민간위탁



2) 하수찌꺼기 발생량

- 수원공공하수처리시설의 최근 5년간 평균 하수유입량은 503,273m³/일(1처리장 186,096m³/일, 2처리장 317,177m³/일). 하수찌꺼기량 발생량은 383.8톤/일(1처리장 111.0톤/일, 2처리장 272.8톤/일)로 m³당 1처리장은 0.596kg, 2처리장은 0.860kg으로 2처리장이 매우 높게 발생됨.

- 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

〈표 5.1-4〉 수원1처리장 하수찌꺼기 발생량

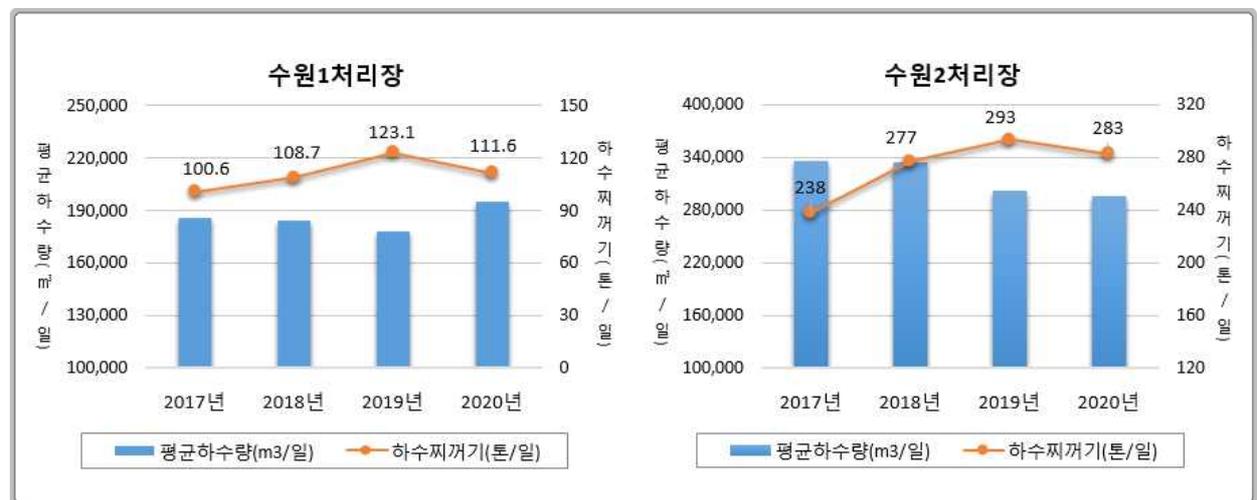
년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	220,000	195,312	111.6	0.571
2019년	220,000	178,535	123.1	0.689
2018년	220,000	184,447	108.7	0.589
2017년	220,000	186,088	100.6	0.541
평균	220,000	186,096	111.0	0.596

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)

〈표 5.1-5〉 수원2처리장 하수찌꺼기 발생량

년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	300,000	295,997	282.7	0.955
2019년	300,000	301,974	293.4	0.972
2018년	300,000	334,374	277.2	0.829
2017년	300,000	336,362	238.0	0.708
평균	300,000	317,177	272.8	0.860

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



〈그림 5.1-2〉 수원공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생현황

3) 운영현황

○수원1처리장과 2처리장에 유입되는 하수찌꺼기의 시설별 성상은 다음과 같으며 탈수케익발생량은 2020년 기준 1처리장 111.59톤/일, 2처리장 228.7톤/일로 조사됨.

〈표 5.1-6〉 수원1처리장 하수찌꺼기 처리시설 운영현황

구 분	단위	운영현황				비고	
		2017년	2018년	2019년	2020년		
유입 잉여찌꺼기 (농축조)	유량	m³/일	2,895	2,759	2,864	2,491	
	TS	%	0.8	0.8	0.7	0.7	
	고형물량	kg/일	23,160	22,072	20,048	17,437	
유입 찌꺼기 (탈수기)	유량	m³/일	1,042	1,193	1,420	1,223	
	TS	%	2.2	2.1	2.3	2.7	
	고형물량	kg/일	22,924	25,053	32,660	33,021	
생 슬러지	유량	m³/일	621	725	1,224	1,383	
	TS	%	2.3	2.1	2.6	2.8	
	고형물량	kg/일	14,283	15,225	31,824	38,724	
농축 슬러지	유량	m³/일	283	390	373	208	
	TS	%	2.9	4.0	7.9	6.5	
	고형물량	kg/일	8,207	15,600	29,467	13,520	
탈수케익	발생량	톤/일	100.59	108.71	123.12	111.59	
	함수율	%	83.4	84.2	84.4	82.7	

주) 자료 : 수원시 공공하수처리시설 운영자료(2016~2020)

〈표 5.1-7〉 수원2처리장 하수찌꺼기 처리시설 운영현황

구 분	단위	운영현황				비고	
		2017년	2018년	2019년	2020년		
유입 잉여찌꺼기 (농축조)	유량	m³/일	2,847	2,872	2,893	2,809	
	TS	%	0.9	0.8	1.3	1.1	
	고형물량	kg/일	25,623	22,976	37,609	30,899	
유입 찌꺼기 (탈수기)	유량	m³/일	1,213	1,895	1,929	1,965	
	TS	%	4.0	3.2	3.3	3.6	
	고형물량	kg/일	48,520	60,640	63,657	70,740	
생 슬러지	유량	m³/일	1,497	1,379	1,414	1,492	
	TS	%	2.5	2.2	2.4	2.9	
	고형물량	kg/일	37,425	30,338	33,936	43,268	
농축 슬러지	유량	m³/일	818	867	879	868	
	TS	%	4.2	4.0	4.6	5.5	
	고형물량	kg/일	34,356	34,680	40,437	47,740	
탈수케익	발생량	톤/일	238.0	277.23	293.37	282.65	
	함수율	%	82.0	82.4	81.6	80.1	

주) 자료 : 수원시 공공하수처리시설 운영자료(2016~2020)

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. 서호공공하수처리시설

1) 처리계통

- 서호공공하수처리시설의 용량은 47,000m³/일로 4Stage-BNR공법으로 운영중임.
- 생찌꺼기와 잉여찌꺼기는 기계식 농축과 기계식 탈수를 거쳐 수원 건조연료화 설비에서 처리하고 있으며 잔여량은 위탁처리하고 있음.

• 처리계통



• 주요시설

구 분	서호
원심농축조	30m ³ /hr 2대
원심탈수기	20m ³ /hr 2대

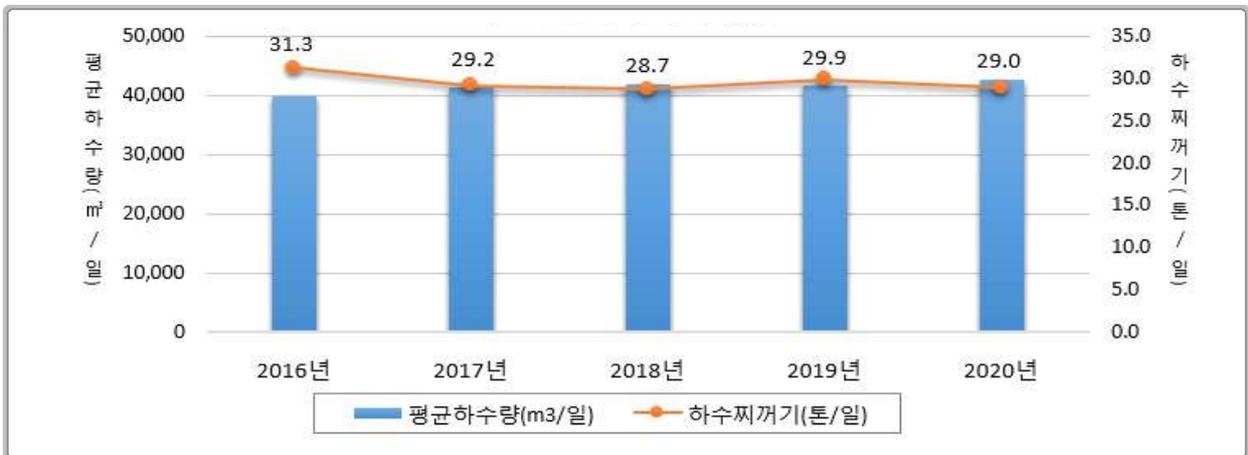
2) 하수찌꺼기 발생량

- 서호공공하수처리시설의 최근 5년간 평균 하수유입량은 41,455m³/일. 하수찌꺼기량 발생량은 29.607톤/일로 m³당 0.715kg의 하수찌꺼기가 발생됨.

〈표 5.1-8〉 서호공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생량

년 도	시설용량(m ³ /일)	평균하수량(m ³ /일)	하수찌꺼기(톤/일)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	47,000	42,657	28.964	0.679
2019년	47,000	41,519	29.909	0.720
2018년	47,000	41,888	28.723	0.686
2017년	47,000	41,257	29.174	0.707
2016년	47,000	39,956	31.266	0.783
평균	47,000	41,455	29.607	0.715

주) 자료 : 하수도통계(해당연도, 환경부)



〈그림 5.1-3〉 서호공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생현황

3) 운영현황

○ 서호공공하수처리시설에 유입되는 하수찌꺼기의 시설별 성상은 다음과 같으며 탈수케익발생량은 2020년 기준 28.9톤/일로 조사됨.

〈표 5.1-9〉 서호공공하수처리시설 하수찌꺼기 처리시설 운영현황

구분	단위	운영현황					비고	
		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년		
유입 잉여찌꺼기 (농축조)	유량	m³/일	325.23	320.17	331.67	347.95	302.65	
	TS	%	0.47	0.50	0.46	0.59	0.60	
	고형물량	kg/일	1522.14	1595.32	1527.36	2047.73	1811.72	
유입 찌꺼기 (탈수기)	유량	m³/일	245.50	200.49	186.93	187.00	163.08	
	TS	%	2.31	2.40	2.29	2.85	3.32	
	고형물량	kg/일	5676.82	4805.37	4281.49	5334.18	5422.55	
생 슬러지	유량	m³/일	165.31	120.64	107.57	121.00	102.14	
	TS	%	2.50	2.39	2.69	2.50	2.55	
	고형물량	kg/일	4136.52	2886.03	2896.99	3019.30	2603.01	
농축 슬러지	유량	m³/일	455.02	348.02	341.41	429.42	350.81	
	TS	%	4.43	4.01	4.13	4.48	4.31	
	고형물량	kg/일	20164.75	13954.65	14091.10	19230.13	15113.89	
탈수케익	발생량	톤/일	31.18	29.17	28.72	29.91	28.88	
	함수율	%	79.84	79.75	79.56	80.06	80.02	

주) 자료 : 수원시 공공하수처리시설 운영자료(2016~2020)

〈표 5.1-10〉 서호공공하수처리시설 월별 하수찌꺼기 발생량(2020년)

구분	탈수슬러지(m³/일)	케익발생량(톤/일)	함수율(%)	비고
평균	163	28.88	80.060	
1월	153	31.72	80.352	
2월	153	31.58	80.433	
3월	194	36.35	79.864	
4월	169	30.31	80.795	
5월	184	32.7	80.306	
6월	205	32.39	79.986	
7월	166	25.55	79.719	
8월	163	23.5	80.162	
9월	145	22.66	79.358	
10월	138	22.81	79.498	
11월	113	21.24	80.106	
12월	174	35.7	80.145	

라. 수원 하수찌꺼기 건조 연료화시설

1) 처리시설 현황

○ 수원시 하수찌꺼기 건조연료화 시설은 2009년 12월 450톤/일로 준공되어 운영중이며 시설용량 부족으로 2017년 135톤/일을 증설하여 현재 585톤/일을 운영중임.
○ 처리대상은 수원시 관내 하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기와 오산 및 광주 등 인접지자체에서 반입되는 하수찌꺼기를 통합하여 처리하고 있음.

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

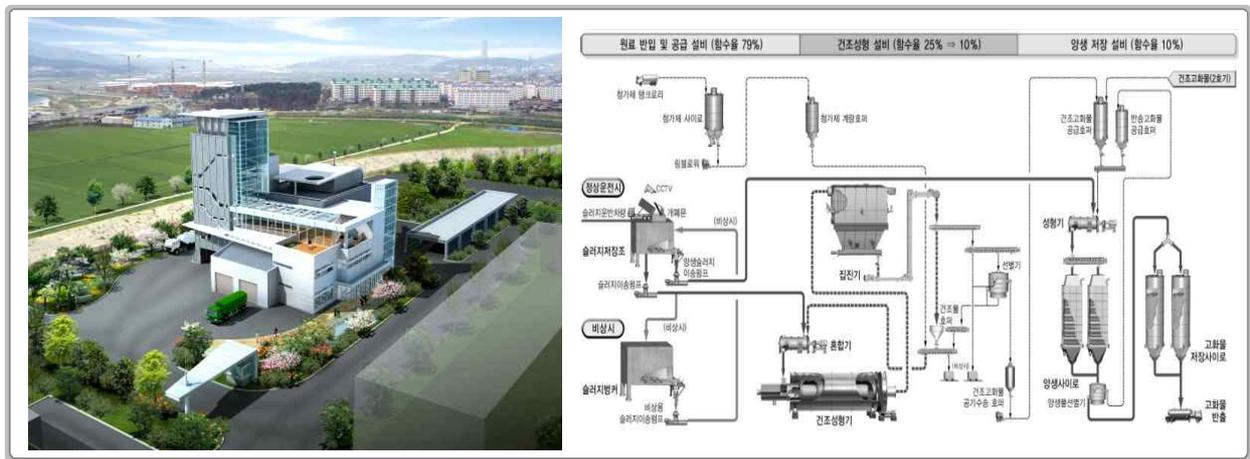
제 8 장

제 9 장

제 10 장

〈표 5.1-11〉 건조 연료화시설 현황

처리시설	수원하수찌꺼기 건조 연료화 시설	운영기관	민간위탁
위치	경기도 화성시 태안로 263일원(수원공공하수처리시설내)		
시설용량	총 585톤/일 1단계 : 450톤/일(180톤/일, 45톤/일×각2기) , 2단계 : 135톤/일(135톤/일×1기)		
처리방식	간접건조방식		
처리대상	수원관내 하수찌꺼기, 오산 및 광주 위탁처리		
가동일수	333일/년		
건조능력	함수율 : 79% → 10%(건조부산물 함수율: 10%이하)		
부산물처리	하수찌꺼기 건조기 → 양생기 → 시멘트 원료 및 토양개량제 등		
가동일	1단계 : 2009년 12월, 2단계 : 2017년 11월		



〈그림 5.1-4〉 수원 하수찌꺼기 건조연료화 시설 현황도

2) 운영현황

- 수원 하수찌꺼기 건조 연료화시설의 용량은 585톤/일로 연간 가동일수는 365일이며 일평균 처리량은 435.1톤/일로 시설용량의 74.4%를 운영중임.
- 광주 및 오산의 위탁처리량 66.0톤/일이며 수원시 관내에서 발생하는 하수찌꺼기 445.3톤/일중 369.1톤/일을 처리하며 잔여량 76.2톤/일은 위탁처리하고 있음.

〈표 5.1-12〉 수원시 하수찌꺼기 건조화시설 연간 운영현황

(단위 : 톤/년)

구 분	하수찌꺼기 발생량					건조화시설 처리량					위탁처리량
	계	수원	서호	오산	광주	계	수원	서호	오산	광주	
2017년	150,448	123,584	10,648	6,618	9,598	133,408	107,788	9,405	6,618	9,598	17,041
2018년	173,542	140,869	10,484	9,818	12,371	161,599	129,800	9,610	9,818	12,371	11,943
2019년	186,625	152,023	10,512	9,417	14,673	186,624	124,209	10,512	9,417	14,673	27,813
평균	170,205	138,825	10,548	8,618	12,214	160,544	120,599	9,842	8,618	12,214	18,932

〈표 5.1-13〉 수원시 하수찌꺼기 건조화시설 월별 운영현황

(단위 : 톤/일)

구 분	하수찌꺼기 발생량			건조화시설 처리량					수원시 위탁처리량	가동 일수	
	계	수원	서호	계	수원	서호	오산	광주			
1월	평 균	450.2	418.7	31.5	385.6	298.8	31.5	24.5	30.8	119.9	31
	일최대	570.4	531.5	38.9	486.0	378.6	38.9	25.1	43.3	213.5	
2월	평 균	457.6	427.7	29.9	425.9	315.3	29.9	34.1	46.6	112.4	28
	일최대	582.4	541.9	40.5	514.4	384.6	40.5	45.5	43.8	196.6	
3월	평 균	467.0	434.1	32.9	460.0	347.8	32.9	35.7	43.6	86.2	31
	일최대	562.6	522.6	40.0	596.2	467.2	40.0	45.7	43.4	177.8	
4월	평 균	490.8	456.6	34.2	485.0	373.4	34.2	32.3	45.1	83.3	30
	일최대	640.4	602.7	37.7	625.8	496.1	37.7	48.7	43.3	167.1	
5월	평 균	523.3	495.6	27.7	472.5	383.9	27.7	24.4	36.5	112.3	31
	일최대	650.0	628.7	21.3	556.9	438.9	21.3	51.6	45.0	180.4	
6월	평 균	519.1	491.5	27.6	435.3	344.5	27.6	21.2	42.0	145.9	30
	일최대	644.2	606.3	37.9	572.1	442.5	37.9	26.3	65.4	253.1	
7월	평 균	492.2	459.2	33.0	441.9	338.9	33.0	27.8	42.2	120.3	31
	일최대	583.6	543.3	40.3	531.6	420.9	40.3	26.4	44.0	182.6	
8월	평 균	389.9	365.1	24.8	408.3	325.8	24.8	17.8	39.9	39.3	31
	일최대	500.1	480.3	19.8	507.9	392.6	19.8	51.9	43.5	129.3	
9월	평 균	338.9	316.2	22.7	393.1	313.5	22.7	23.6	33.3	2.7	30
	일최대	439.8	405.4	34.4	461.9	283.9	34.4	78.8	64.8	27.6	
10월	평 균	370.4	341.8	28.6	427.9	335.9	28.6	24.9	38.5	5.9	31
	일최대	489.0	448.5	40.5	515.7	379.8	40.5	52.6	42.8	28.0	
11월	평 균	435.2	410.3	24.9	461.7	373.2	24.9	20.0	43.6	37.1	30
	일최대	554.8	514.2	40.6	571.5	434.2	40.6	53.5	43.1	103.9	
12월	평 균	409.7	381.7	28.0	423.7	332.6	28.0	23.1	40.0	49.1	31
	일최대	545.6	503.1	42.5	527.0	391.1	42.5	50.3	43.2	80.7	
전체	평 균	445.3	416.5	28.8	435.1	340.3	28.8	25.8	40.2	76.2	365일
	일최대	565.1	527.4	37.7	625.8	496.1	37.7	48.7	43.3	196.6	

주) 수원시 공공하수처리시설 운영자료



〈그림 5.1-5〉 수원 하수찌꺼기 건조연료화시설 운영현황

- 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

1.1.4 문제점 및 개선방안

가. 수원 공공하수처리시설

- “수원시 공공하수도시설 기술진단보고서(2018. 12)” 상 하수찌꺼기(슬러지) 처리시설 문제점 및 개선방안 검토

〈표 5.1-14〉 수원공공하수처리시설(1처리장) 하수찌꺼기 처리시설 문제점 및 개선방안

구 분		문 제 점	개선방안
하수 찌꺼기 소화시설	생농축 슬러지 이송펌프	• 생농축슬러지 이송펌프의 이송량저하로 생 슬러지 농축기의 가동이 간헐적 운영	• 마모된피스톤을 신품으로 교체 또는 펌프 본체를 교체 -산발효조 농축슬러지 이송펌프 : 16m ³ /hr x 20mH x 7.5kW x 3대
	소화 슬러지 순환펌프	• 소화슬러지 이송펌프의 수명이 50%이하	• 마모된피스톤을 신품으로 교체 또는 펌프 본체를 교체 -소화슬러지 이송펌프 : 46m ³ /hr x 30mH x 15kW x 4대
	소화가스 저장조 내부설비	• 건식 가스백형 저장조 2기 설치되어 있으며 B호는 내부설비를 교체하였으나 A호는 교체 하지 않아 가스백의 열화, 바닥철판 및 포스 트 데크의 심각한 부식	• 가스저장조-A의 내부 설비를 신품으로 교체
농축 및 탈수 설비	노후 벨트 프레스 탈수기	• 벨트형 탈수기 4대 설치되어 있으나 설비의 노후로 잦은 고장이 발생하며 탈수의 적체 형상으로 슬러지 발생량이 증가하여 탈수기 가 24시간 가동중임.	• 노후화된 벨트프레스 탈수기를 원심형 탈수 기로 교체 -원심형탈수기 40m ³ /h x 75kW/22kW, 1대
	원심농축/ 탈수기 단종 PLC교체	• 원심농축 및 탈수기의 탈수량 증가로 24시 간 가동됨에 따라 PLC고장시 부품의 수급 이 불가하며 수리시 장시간이 소요됨.	• 단종된 PLC를 XGU계열 PLC로 교체

〈표 5.1-15〉 수원공공하수처리시설(2처리장) 하수찌꺼기 처리시설 문제점 및 개선방안

구 분		문 제 점	개선방안
농축 및 탈수 설비	노후 벨트 프레스 탈수기	• 벨트형 탈수기 4대 설치되어 있으나 설비의 노후로 잦은 고장이 발생하며 탈수의 적체 형상으로 슬러지 발생량이 증가하여 탈수기 가 24시간 가동중임.	• 노후화된 벨트프레스 탈수기를 원심형 탈수 기로 교체 -원심형탈수기 40m ³ /h x 75kW/22kW, 1대
	원심농축/ 탈수기 단종 PLC교체	• 원심농축 및 탈수기의 탈수량 증가로 24시 간 가동됨에 따라 PLC고장시 부품의 수급 이 불가하며 수리시 장시간이 소요됨.	• 단종된 PLC를 XGU계열 PLC로 교체

나. 서호공공하수처리시설

- “수원시 공공하수도시설 기술진단보고서(2018. 12)” 상 하수찌꺼기(슬러지) 처리시설 문제점 및 개선방안 검토한 결과 운영상 문제가 없으며 대수선을 통해 관리하는 것으로 계획함.

다. 수원 하수찌꺼기 건조연료화 시설

1) 주요 문제점 및 개선대책

- 수원시는 분류식화 사업의 시행과 지구단위 개발사업, 재건축사업 등 분뇨직투입으로 인해 하수찌꺼기 발생량은 매년 증가되고 있으며 현재 공사중인 황구지천 공공하수처리시설이 2023년이후 가동됨에 따라 하수찌꺼기 발생량이 증가될 것으로 예상됨.
- 수원시에서 발생하는 하수찌꺼기량은 일평균 445.3톤/일로 실제 건조 연료화시설의 가동율과 처리효율로 인하여 처리용량보다 적은 하수찌꺼기를 처리하고 있으며 미처리된 하수찌꺼기는 외부업체를 통하여 위탁처리하고 있음.
- 인접 지자체인 오산시와 광주시의 위탁처리 협약량은 155톤/일이나 건조연료화 설비의 시설용량이 부족하여 실제 처리량은 66.0톤/일로 매우 낮은 것으로 조사됨.
- 따라서, 인접 지자체의 위탁처리 협약량과 수원시에서 발생하는 하수찌꺼기를 전량 처리하기 위해서는 건조 연료화시설의 증설 또는 하수찌꺼기 감량화 시설의 도입이 시급한 실정임.
- 또한, 현재 처리시설과 인접하여 병점지구 개발 및 진안신도시 등 개발계획이 추진됨에 따라 건조화설비에서 발생하는 악취로 인한 민원이 지속적으로 발생되어 장기적으로는 지하화 또는 이전 등 계획을 검토가 필요함.

〈표 5.1-16〉 수원 하수찌꺼기 건조연료화 시설 문제점 및 개선방안

구 분	문 제 점	개 선 방 안
시설용량 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 시설의 노후화로 가동일수 감소 • 황구지천처리시설 신설 및 위탁 협약량의 증가로 반입량 증가 예상됨. 	<ul style="list-style-type: none"> • 건조화시설 증설 또는 하수찌꺼기 감량화 사업 시행 • 노후화된 설비의 교체 또는 유지보수
악취민원	<ul style="list-style-type: none"> • 병점지구 및 진안신도시 등 인접한 화성시 주민의 악취민원 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 단기대책: 탈취설비 설치 및 차폐 등 악취 확산 방지시설 강화 • 장기대책 : 지하화 또는 건조화설비 이전(민간 위탁기간 만료시)

2) 건조화시설 과부족량 검토

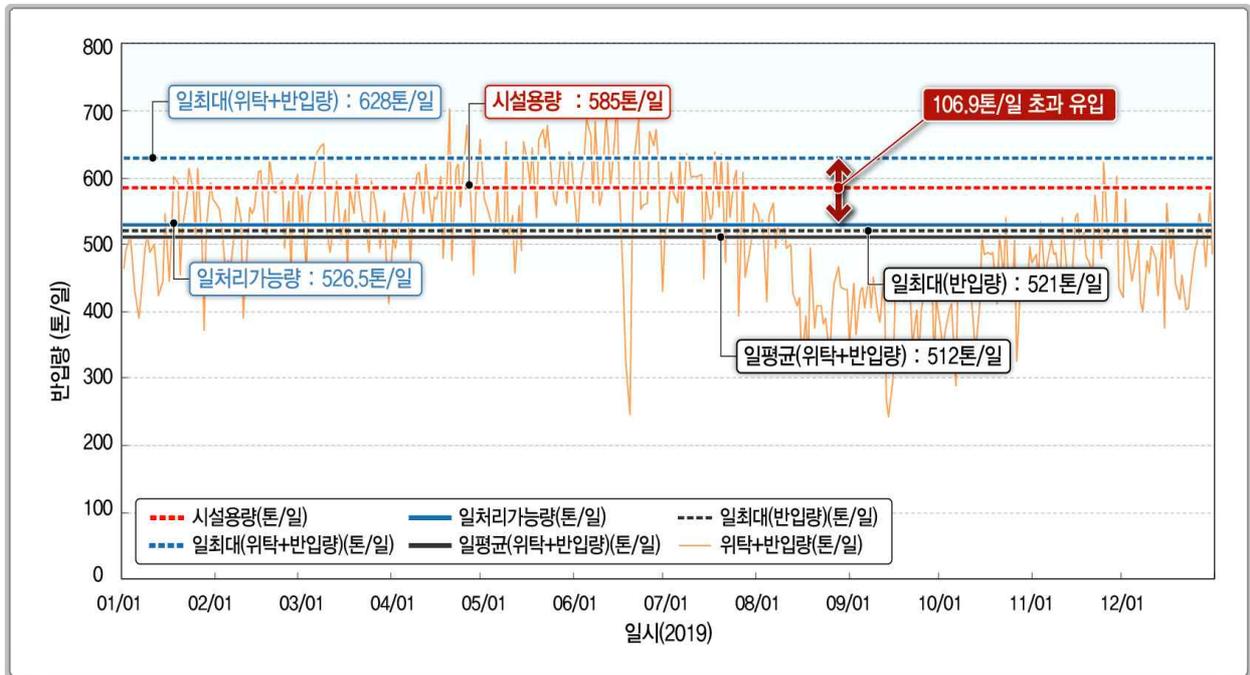
- 건조화설비의 시설용량을 검토한 결과 수원시에서 발생하는 하수찌꺼기와 오산, 광주 등 위탁처리량 66톤/일을 포함하여 일평균 발생량은 512톤/일, 일최대 628톤/일이며 건조화시설 반입량 일평균 435톤/일, 일최대 521톤/일을 제외시 시설용량이 부족하여 일최대 107톤/일을 외부 민간업체에 위탁처리하고 있음.
- 따라서, 부족분에 대한 시설용량의 증설 또는 하수찌꺼기 감량화 등 사업의 추진이 시급함.

- 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

〈표 5.1-17〉 수원시 하수찌꺼기건조화시설 과부족량 검토

(단위 : 톤/일)

구 분		하수찌꺼기량	개산출근거
건조화설비 설계기준	시설용량	585	-
	일처리가능량	526	시설용량의 90%(가동일수 고려)
하수찌꺼기 발생량	일평균	512	년평균 발생량
	일최대	628	누적확률 90%기준
건조화시설 반입량	일평균	435	가동일 365일 기준
	일최대	521	누적확률 90%기준
위탁처리량	일평균	77	퇴비화 위탁처리량
	일최대	107	
시설용량 초과량		107	시설용량 부족분



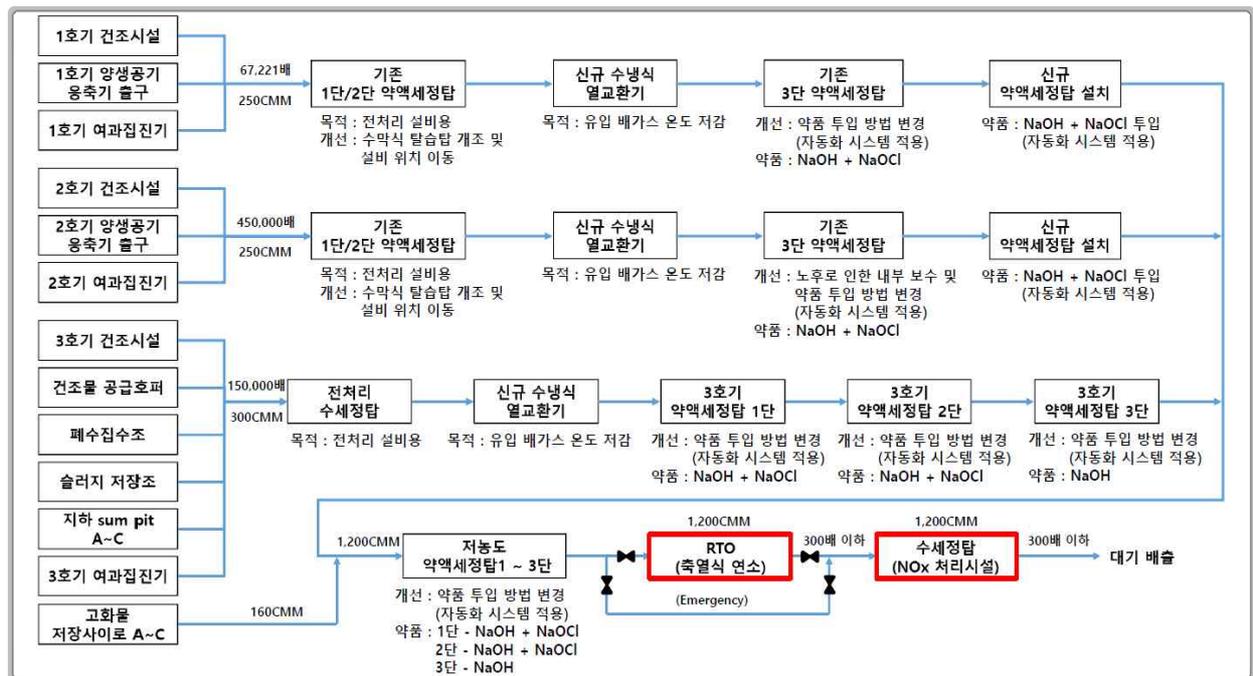
〈그림 5.1-6〉 수원 하수찌꺼기 건조연료화시설 과부족량 검토

3) 악취기술진단에 따른 개선대책

- 수원시 하수찌꺼기 건조화 시설 악취기술진단과 별도 측정 데이터를 분석한 결과 현재 법규상의 악취 발생기준 500배를 일부 초과함에 따라 벌금을 부과한 기록이 있으며 금회 조사결과 1~3호기의 발생악취는 44,814배~300,000배로 매우 높으며 탈취 처리된 악취는 500배이하로 처리되고 있음.
- 화성시는 환경기본조례 별표1에 의거 악취기준을 300배로 강화하였으며 이에 따라 악취처리 개선이 필요한 실정임.
- 현재 발생되고 있는 악취는 미용성 물질이 10%이상 함유되어 있어 일반 약액세정방식으로는 처리가 어려운 실정으로 기술진단에 따라 연소법(RTO방식)을 적용하여 악취를 제거하는 것으로 계획함.
- 현재 추진중인 악취방지 대책은 다음과 같으며 총 소요비용은 7,830백만원으로 산정됨.

〈표 5.1-18〉 수원 하수처리장 건조연료화 약취발생현황 및 개선방안

구 분	설계용량	개선방안			비고
		1호기	2호기	3호기	
약취조사	800m³/분	44,814배	300,000배	100,000배	
운영현황	• 약취방지시설 약취제어 어려움(미용성 물질 10%) : 500배 초과 발생				
개선방안	• 강화된 기준(300배이상) 대응을 위한 약취방지시설 개선 ↳미용성 물질 제거를 위해 연소법 (RTO) 적용				
현황사진					
시설계획	<ul style="list-style-type: none"> • 전처리 설비 배관 개선공사 및 자동화 시스템 적용 • 1,2호기 1/2단 약액세정탑을 수막식 탈습탑으로 개조 • 1,2,3호기 약액세정탑 내부 보강공사 • 1,2,3호기, 저농도 약액세정탑 약품배관, 급수/드레인 배관설치 및 자동화시스템 적용 • 신규 RTO, 수세정탑 및 신규공간 약취방지시설 부지 기초공사 • 1,2호기 옥내신규 약액세정탑 PAD공사 및 제작설치(배관 및 덕트공사 포함) • 1,2,3호기 수냉식 열교환기, 냉각탑 설치 및 연결 덕트 공사 • 신규 RTO, 수세정탑 1,200m³/m³ 분 설치 • 신규 공간 약취방지시설 1,800m³/m³ 분 설치(배관 및 덕트공사 포함) • 컨트롤판넬 및 수배전증설 				
소요비용	7,830백만원				



〈그림 5.1-7〉 수원 하수처리장 건조연료화시설 약취개선방안

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

1.2 하수찌꺼기(슬러지) 발생특성 및 성상

1.2.1 하수찌꺼기 발생특성

가. 하수 1m³/일 처리시 하수찌꺼기(슬러지) 발생량

- 수원1공공하수처리시설의 최근 5년간 하수 1m³/일당 하수찌꺼기 발생량 산정결과 평균 0.596kg/m³으로 일정한 것으로 조사됨.
- 수원2공공하수처리시설의 최근 5년간 하수 1m³/일당 하수찌꺼기 발생량 산정결과 평균 0.860kg/m³으로 분뇨 및 음식물 연계처리수의 연계처리로 인하여 타 처리장 대비 하수찌꺼기 발생량이 높은 것으로 조사됨.
- 서호공공하수처리시설의 최근 5년간 하수 1m³/일당 하수찌꺼기 발생량 산정결과 평균 0.715kg/m³으로 고속응집침전지의 약품투입으로 인해 찌꺼기 발생량이 높은 것으로 조사됨.

〈표 5.1-19〉 수원1공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생량

년 도	하수처리량(천m ³ /년)	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	71,289	40,734	0.571
2019년	65,165	44,932	0.689
2018년	67,323	39,676	0.589
2017년	67,922	36,719	0.541
평균	67,925	40,515	0.596

〈표 5.1-20〉 수원2공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생량

년 도	하수처리량(천m ³ /년)	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	108,039	103,186	0.955
2019년	110,221	107,091	0.972
2018년	122,047	101,178	0.829
2017년	122,772	86,870	0.708
평균	115,770	99,572	0.860

〈표 5.1-21〉 서호공공하수처리시설 하수찌꺼기 발생량

년 도	하수처리량(천m ³ /년)	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	발생원단위(kg/m ³)
2020년	15,570	10,572	0.679
2019년	15,154	10,917	0.720
2018년	15,289	10,484	0.686
2017년	15,059	10,649	0.707
2016년	14,584	11,412	0.783
평균	15,131	10,807	0.715

나. 하수찌꺼기(슬러지) 성분검사

○ 2020년 기준 수원시에서 자체 조사된 하수찌꺼기(슬러지)의 함수율조사결과 수원1처리장 82.7%, 수원2처리장 80.1%, 서호 79.9%로 조사됨.

〈표 5.1-22〉 수원시 공공하수처리시설 하수찌꺼기(슬러지) 함수율조사결과

년 도	수원1처리장	수원2처리장	서호
2020년	82.7	80.1	80.02
2019년	84.4	81.6	80.06
2018년	84.2	82.4	79.56
2017년	83.4	82.0	79.75
2016년	-	-	79.84
평균	83.7	81.5	79.85

다. 하수찌꺼기(슬러지) 성분검사

○ 2020년 기준 수원시에서 자체 조사된 하수찌꺼기(슬러지) 성분검사(중금속) 결과 토양오염 우려기준 이 내로 분석됨

〈표 5.1-23〉 수원시 공공하수처리시설 하수찌꺼기(슬러지) 성분검사 결과

구 분	수원1			수원2			서호		
	2018년	2019년	2020년	2018년	2019년	2020년	2018년	2019년	2020년
비소(As)	1.188	불검출	불검출	1.188	불검출	불검출	불검출	불검출	17.341
카드뮴(Cd)	불검출	불검출	5.435	불검출	불검출	5.435	1.223	13.028	3.372
구리(Cu)	255.82	236.47	404.15	255.82	236.47	404.15	149.483	460.21	260.12
크롬(Cr)	34.204	31.339	36.067	34.204	31.339	36.067	8.282	불검출	40.462
납(Pb)	11.164	불검출	불검출	11.164	불검출	불검출	7.078	14.437	28.902
수은(Hg)	불검출	불검출	불검출						

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 계획 하수찌꺼기(슬러지)량

- 본 계획에서는 하수처리시설별 계획상의 물질수지에 의한 발생량 산정, 하수원단위 적용에 의한 예측, 운영자료에 의한 예측, 산술식에 의한 예측을 비교검토하여 계획하수찌꺼기(슬러지) 발생량 산정

1.3.1 하수처리시설별 계획상의 물질수지에 의한 발생량검토

- 「수원하수처리시설 에너지 자립화 시범사업(2012년)」, 「수원하수 2처리장 개량사업(2014)」, 「서호천 공공하수처리시설 건설사업(2008년)」, 「황구지천 공공하수처리시설 건설사업(2019년)」에서는 2025년 하수찌꺼기 발생량을 산정한 결과 수원시 공공하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기 발생량은 467.3톤/일로 산정됨.

〈표 5.1-24〉 물질수지에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

(단위 : 톤/일)

구 분		2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원	수원1처리장	189.7	189.7	189.7	189.7	함수율 81.4%
	수원2처리장	207.3	207.3	207.3	207.3	함수율 79%
	소계	397.0	397.0	397.0	397.0	
서호		35.9	35.9	35.9	35.9	함수율 79%
황구지천		34.4	34.4	34.4	34.4	함수율 79%
계		467.3	467.3	467.3	467.3	

1.3.2 통계자료 분석에 의한 계획 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

가. 전국 연도별 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 현황

- 전국 기준 2019년 하수찌꺼기 발생량 원단위는 0.553kg/m³이며 방류수수질기준 IV지역의 발생원단위는 0.405kg/m³으로 산정되. 또한, 처리용량별로는 300~1,000천톤/일의 평균발생량은 0.473kg/m³이며 40~60천톤/일은 0.728kg/m³로 검토됨.

〈표 5.1-25〉 탈수케익 발생량 현황

구 분		하수처리량(천m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량(톤/일)	원단위(kg/m ³)	비고
300~1,000 천톤/일	2017년	6,503	3,097	0.476	
	2018년	6,585	2,995	0.455	
	2019년	6,396	3,127	0.489	
	평균	6,495	3,073	0.473	
40~60 천톤/일	2017년	1,040	850	0.817	
	2018년	1,049	732	0.698	
	2019년	1,039	696	0.670	
	평균	1,043	759	0.728	

자료) 하수도통계(2017~2019년, 환경부), 전국 공공하수처리시설 운영자료

나. 유사지역 하수찌꺼기 발생량 원단위 산정

○ 수원공공하수처리시설은 전국 평균값 0.553kg/m³을 적용하며 서호와 황구지천처리시설은 0.728kg/m³을 적용하여 산정함.

〈표 5.1-26〉 탈수케익 발생량

구 분	하수처리량(m ³ /일)	하수찌꺼기 발생량(톤/일)	원단위(kg/m ³)	비고
전국평균	20,288,171	11,219	0.553	
Ⅳ지역	1,991,251	807	0.405	

자료) 하수도통계(2019년, 환경부)

다. 통계자료에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측 결과

○ 2040년기준 수원1처리장은 121.7톤/일, 2처리장은 167.6톤/일, 서호 34.2톤/일, 황구지천 32.8톤/일 등 총 356.3톤/일 발생하는 것으로 산정됨.

〈표 5.1-27〉 통계자료에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측 결과

(단위 : 톤/일)

구 분		단위	2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원1	시설용량	m ³ /일	220,000	220,000	220,000	220,000	
	계획하수량	m ³ /일	220,000	220,000	220,000	220,000	
	찌꺼기 원단위	kg/m ³	0.553	0.553	0.553	0.553	전국 평균값적용
	찌꺼기발생량	톤/일	121.7	121.7	121.7	121.7	
수원2	시설용량	m ³ /일	300,000	300,000	300,000	300,000	
	계획하수량	m ³ /일	298,107	303,261	303,090	303,117	
	찌꺼기 원단위	kg/m ³	0.553	0.553	0.553	0.553	전국 평균값적용
	찌꺼기발생량	톤/일	164.8	167.7	167.6	167.6	
서호	시설용량	m ³ /일	47,000	47,000	47,000	47,000	
	계획하수량	m ³ /일	47,000	47,000	47,000	47,000	
	찌꺼기 원단위	kg/m ³	0.728	0.728	0.728	0.728	60천톤/일 이하 적용
	찌꺼기발생량	톤/일	34.2	34.2	34.2	34.2	
황구지천	시설용량	m ³ /일	45,000	45,000	45,000	45,000	
	계획하수량	m ³ /일	45,000	45,000	45,000	45,000	
	찌꺼기 원단위	kg/m ³	0.728	0.728	0.728	0.728	60천톤/일 이하 적용
	찌꺼기발생량	톤/일	32.8	32.8	32.8	32.8	
계		톤/일	353.5	356.4	356.3	356.3	

- 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 운영자료 분석에 의한 계획 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

가. 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 운영자료 분석

○ 최근 3년간 수원1, 수원2, 서호공공하수처리시설의 유입하수량 대비 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 분석결과를 처리시설별로 적용하여 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측함.

〈표 5.1-28〉 탈수케익 발생량

구 분		2018년	2019년	2020년	평균	비고
수원1	하수처리량(천 m^3 /년)	67,323	65,165	71,289	67,926	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	39,676	44,932	40,734	41,781	
	원단위(kg/ m^3)	0.589	0.690	0.571	0.615	
수원2	하수처리량(천 m^3 /년)	122,047	110,221	108,039	113,436	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	101,178	107,091	103,186	103,818	
	원단위(kg/ m^3)	0.829	0.972	0.955	0.915	
서호	하수처리량(천 m^3 /년)	15,289	15,154	15,570	15,338	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	10,484	10,917	10,572	10,658	
	원단위(kg/ m^3)	0.686	0.720	0.679	0.695	

나. 운영자료에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측 결과

○ 2040년기준 수원1처리장은 135.3톤/일, 2처리장은 277.4톤/일, 서호 32.7톤/일, 황구지천 31.3톤/일 등 총 476.7톤/일 발생하는 것으로 산정됨.

〈표 5.1-29〉 운영자료에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

(단위 : 톤/일)

구 분		단위	2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원1	시설용량	m^3 /일	220,000	220,000	220,000	220,000	
	계획하수량	m^3 /일	220,000	220,000	220,000	220,000	
	찌꺼기 원단위	kg/ m^3	0.615	0.615	0.615	0.615	
	찌꺼기발생량	톤/일	135.3	135.3	135.3	135.3	
수원2	시설용량	m^3 /일	300,000	300,000	300,000	300,000	
	계획하수량	m^3 /일	298,107	303,261	303,090	303,117	
	찌꺼기 원단위	kg/ m^3	0.915	0.915	0.915	0.915	
	찌꺼기발생량	톤/일	272.8	277.5	277.4	277.4	
서호	시설용량	m^3 /일	47,000	47,000	47,000	47,000	
	계획하수량	m^3 /일	47,000	47,000	47,000	47,000	
	찌꺼기 원단위	kg/ m^3	0.695	0.695	0.695	0.695	
	찌꺼기발생량	톤/일	32.7	32.7	32.7	32.7	
황구지천	시설용량	m^3 /일	45,000	45,000	45,000	45,000	
	계획하수량	m^3 /일	45,000	45,000	45,000	45,000	
	찌꺼기 원단위	kg/ m^3	0.695	0.695	0.695	0.695	
	찌꺼기발생량	톤/일	31.3	31.3	31.3	31.3	
계		톤/일	472.1	476.8	476.7	476.7	

1.3.4 하수처리인구 원단위 적용에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

가. 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 운영자료 분석

○ 최근 3년간 수원1, 수원2, 서호공공하수처리시설의 하수처리인구대비 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 분석결과를 처리시설별로 적용하여 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측함.

〈표 5.1-30〉 탈수케익 발생량

구 분		2018년	2019년	2020년	평균	비고
수원1	하수처리인구(인)	427,429	444,730	440,001	437,387	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	39,676	44,932	40,734	41,781	
	원단위(kg/인)	0.254	0.277	0.254	0.262	
수원2	하수처리인구(인)	660,975	687,730	680,418	676,374	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	101,178	107,091	103,186	103,818	
	원단위(kg/인)	0.419	0.427	0.415	0.421	
서호	하수처리인구(인)	96,690	100,604	99,534	98,943	
	하수찌꺼기 발생량(톤/년)	10,484	10,917	10,572	10,658	
	원단위(kg/인)	0.297	0.297	0.291	0.295	

나. 하수처리인구 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측 결과

○ 2040년기준 수원1처리장은 121.4톤/일, 2처리장은 264.7톤/일, 서호 38.3톤/일, 황구지천 33.9톤/일 등 총 458.3톤/일 발생하는 것으로 산정됨.

〈표 5.1-31〉 하수처리인구에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

구 분		단위	2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원1	시설용량	m³/일	220,000	220,000	220,000	220,000	
	하수처리인구	인	447,166	458,685	463,895	463,918	
	찌꺼기 원단위	kg/인	0.262	0.262	0.262	0.262	
	찌꺼기발생량	톤/일	117.0	120.0	121.4	121.4	
수원2	시설용량	m³/일	300,000	300,000	300,000	300,000	
	하수처리인구	인	612,083	622,383	629,503	629,535	
	찌꺼기 원단위	kg/인	0.421	0.421	0.421	0.421	
	찌꺼기발생량	톤/일	257.4	261.7	264.7	264.7	
서호	시설용량	m³/일	47,000	47,000	47,000	47,000	
	하수처리인구	인	126,059	128,181	129,647	129,654	
	찌꺼기 원단위	kg/인	0.295	0.295	0.295	0.295	
	찌꺼기발생량	톤/일	37.2	37.8	38.3	38.3	
황구지천	시설용량	m³/일	45,000	45,000	45,000	45,000	
	하수처리인구	인	111,592	113,470	114,768	114,774	
	찌꺼기 원단위	kg/인	0.295	0.295	0.295	0.295	
	찌꺼기발생량	톤/일	32.9	33.5	33.9	33.9	
계		톤/일	444.5	453.0	458.3	458.3	

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 산술식에 의한 계획 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측

- 산술식은 「하수도시설기준(2020, 환경부)」에서 제시된 공식 적용
- 계획 하수찌꺼기량(톤/일) = 계획1일 최대오수량(m³/일) × 계획유입 SS농도(mg/L) × 1/(100-81.6) × 수처리시설에서의 종합 SS제거율(%) × m (제거 SS량당 슬러지발생률) × (100 ÷ (100 - 함수율(%))
 - 수처리시설에서의 종합 SS제거율(%) = (계획유입SS-방류SS) ÷ 계획유입SS
 - 제거 SS량당 슬러지발생률 = 「하수도시설기준(2020, 환경부)」 상의 최소값 75%적용
 - 함수율(%) = 처리시설별 설계기준 함수율
- 계획유입 SS농도 : 계획유입 SS수질 적용
- 방류수질 SS농도 : 법정방류수질 기준

〈표 5.1-32〉 산술식에 의한 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 예측 결과

구 분		단위	2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원1	유입수SS농도	mg/L	246.3	253.0	258.4	258.4	
	유출수 SS농도	mg/L	10	10	10	10	
	삭감부하량	kg/일	51,986	53,460	54,648	54,648	
	찌꺼기발생량	톤/일	211.8	217.8	222.7	222.7	
수원2	유입수SS농도	mg/L	244.4	250.7	255.8	255.8	
	유출수 SS농도	mg/L	5	5	5	5	
	삭감부하량	kg/일	71,367	74,511	76,015	76,022	
	찌꺼기발생량	톤/일	291.0	303.7	309.7	309.7	
서호	유입수SS농도	mg/L	230.0	251.0	257.0	257.0	
	유출수 SS농도	mg/L	5	5	5	5	
	삭감부하량	kg/일	10,575	11,562	11,844	11,844	
	찌꺼기발생량	톤/일	43.1	47.1	48.3	48.3	
황구지천	유입수SS농도	mg/L	266.0	273.0	261.0	261.0	
	유출수 SS농도	mg/L	5	5	5	5	
	삭감부하량	kg/일	11,745	12,060	11,520	11,520	
	찌꺼기발생량	톤/일	47.9	49.2	47.0	47.0	
계		톤/일	593.8	617.8	627.7	627.7	

1.3.6 계획 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 결정

- 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 산정결과 수원시 전체 2040년 기준 물질수지에의한 산정 467.3톤/일, 통계자료 분석 356.3톤/일, 운영현황 분석 476.7톤/일, 하수처리인구 원단위 45702톤/일, 산술식 627.7톤/일로 산정
- 각 산정 방식별 오차 및 운영현황을 고려하여 전체의 평균값을 적용함.

〈표 5.1-33〉 계획하수찌꺼기 발생량 결정

(단위 : 톤/일)

구 분		2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원1	물질수지	189.7	189.7	189.7	189.7	
	통계원단위	121.7	121.7	121.7	121.7	
	운영자료 원단위	135.3	135.3	135.3	135.3	
	처리인구 원단위	117.0	120.0	121.4	121.4	
	산술식 원단위	211.8	217.8	222.7	222.7	
	평균	155.1	156.9	158.2	158.2	
수원2	물질수지	207.3	207.3	207.3	207.3	
	통계원단위	164.8	167.7	167.6	167.6	
	운영자료 원단위	272.8	277.5	277.4	277.4	
	처리인구 원단위	257.4	261.7	264.7	264.7	
	산술식 원단위	291.0	303.7	309.7	309.7	
	평균	238.7	243.6	245.3	245.3	
서호	물질수지	35.9	35.9	35.9	35.9	
	통계원단위	34.2	34.2	34.2	34.2	
	운영자료 원단위	32.7	32.7	32.7	32.7	
	처리인구 원단위	37.2	37.8	38.3	38.3	
	산술식 원단위	43.1	47.1	48.3	48.3	
	평균	36.6	37.5	37.9	37.9	
황구지천	물질수지	34.4	34.4	34.4	34.4	
	통계원단위	32.8	32.8	32.8	32.8	
	운영자료 원단위	31.3	31.3	31.3	31.3	
	처리인구 원단위	32.9	33.5	33.9	33.9	
	산술식 원단위	47.9	49.2	47.0	47.0	
	평균	35.9	36.2	35.9	35.9	
계		466.4	474.3	477.3	477.3	

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

1.3.7 단계별 계획 하수찌꺼기(슬러지) 발생량 결정

○ 수원시 관내 공공하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기량은 2040년기준 477.3톤/일이며 오산 및 광주 등 인접 지자체의 위탁처리 협약량은 155톤/일(오산 71톤/일, 광주 84톤/일)로 총 처리량은 632.3톤/일로 산정됨.

〈표 5.1-34〉 단계별 계획 하수찌꺼기(슬러지) 반입량 산정결과

(단위 : 톤/일)

구 분		2025년	2030년	2035년	2040년	비고
수원시 관내	수원1	155.1	156.9	158.2	158.2	
	수원2	238.7	243.6	245.3	245.3	
	서호	36.6	37.5	37.9	37.9	
	황구지천	35.9	36.2	35.9	35.9	
	소계	466.3	474.2	477.3	477.3	
인접 지자체	오산	71	71	71	71	
	광주	84	84	84	84	
	소계	155	155	155	155	
계		621.3	629.2	632.3	632.3	

2. 하수찌꺼기(슬러지) 처분방법

2.1 하수찌꺼기(슬러지) 처분현황

2.1.1 처분현황

○ 수원시 공공하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기 발생량은 년평균 142,052톤으로 건조화시설에서 처리하며 잔여량은 퇴비화 또는 매립 등으로 최종처분함.

〈표 5.2-1〉 하수찌꺼기(슬러지) 발생 및 처분현황

구분	찌꺼기 발생량 (톤/년)	최종 처분량(톤/년)				건조화시설 처리량(톤/년)
		계	건조화	재활용	기타	
2017년	130,816	130,816	130,816	-	-	133,416
2018년	151,427	151,427	140,358	4,871	6,198	161,598
2019년	162,934	162,934	134,766	11,347	16,821	154,440
2020년	123,031	123,031	123,031	-	-	146,394
평균	142,052	142,052	132,243	8,109	11,510	148,962

주) 공공하수도 운영자료(2017~2020년, 환경부)

2.1.2 처분비용

○ 수원시의 2020년 하수찌꺼기 처리비용은 4,493백만원으로 톤당 처리비용 36,519원/톤 수준으로 대부분 건조화시설에서 처리하고 있으며 일부 초과 발생량은 위탁처리하고 있음.

〈표 5.2-2〉 하수찌꺼기(슬러지) 처분비용

(단위 : 톤/년, 백만원/년)

구분	계		건조화시설		재활용 등(민간위탁)	
	처리량	처분비용	처리량	처분비용	처리량	처분비용
2017년	130,816	1,762	130,816	165	-	-
2018년	151,427	1,668	140,358	311	11,069	1,356
2019년	162,934	3,908	134,766	298	28,168	3,610
2020년	123,031	4,493	123,031	390	-	-

주) 공공하수도 운영자료(2017~20220년, 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

2.2 단계별 하수찌꺼기(슬러지) 처분방법 결정

2.2.1 하수찌꺼기(슬러지) 처리시설 시설용량 검토

- 수원시관내 하수찌꺼기 발생량은 2040년기준 477.3톤/일이며 인접지자체의 위탁처리량을 포함하여 632.3톤/일을 처리하여야 함.
- 수원시 관내 하수찌꺼기 건조화시설은 585톤/일을 운영하고 있으며 설계상의 처리용량은 가동일수 90%를 고려하여 일최대 526.5톤/일을 처리가능함.
- 현재 하수찌꺼기 발생량이 건조화 시설용량을 초과하여 수원시 관내에서 초과하느느 하수찌꺼기를 위탁 처리하고 있으며 오산, 광주의 위탁처리량 반입이 어려운 실정임.
- 단계별 하수찌꺼기 발생량을 전량 처리하기 위해서는 120톤/일 규모의 건조화시설의 증설이 필요하나 악취 등의 민원 발생, 대기환경오염물질의 발생 등으로 증설이 불가능한 실정임.
- 이에 수원시는 「수원시 하수도정비 기본계획(부분변경)(2019. 07.)」을 시행하여 수원공공하수처리시설에서 발생하는 하수찌꺼기량을 137.9톤/일 감량하여 기존 건조화시설을 증설없이 585톤/일을 유지하는 것으로 계획함.
- 따라서, 하수찌꺼기 감량화 사업이 시행됨에 따라 황구지천공공하수처리시설 신설후 증가되는 하수찌꺼기량을 안정적으로 처리가 가능할 것으로 판단됨.

〈표 5.2-3〉 하수찌꺼기 건조화시설 시설용량 검토

구 분			2025년	2030년	2035년	2040년	비고
하수 찌꺼기 발생량	수원시 관내	수원1	155.1	156.9	158.2	158.2	
		수원2	238.7	243.6	245.3	245.3	
		서호	36.6	37.5	37.9	37.9	
		황구지천	35.9	36.2	35.9	35.9	
		소계	466.3	474.2	477.3	477.3	
	인접 지자체	오산	71	71	71	71	
		광주	84	84	84	84	
		소계	155	155	155	155	
	계		621.3	629.2	632.3	632.3	
건조화시설 용량	시설용량		585	585	585	585	
	처리용량		526.5	526.5	526.5	526.5	
	과부족량	처리량	(-)94.8	(-)102.7	(-)105.8	(-)105.8	
		시설용량	105	115	120	120	

주) 하수찌꺼기 건조화시설의 처리 용량은 가동일수 330일을 고려하여 90%적용(처리용량 = 시설용량 × 330/365)

2.2 단계별 최종 처분방법 결정

- 수원공공하수처리시설은 기존 소화조 9,076m³을 활용하여 24.3톤/일을 감량화하고 있으며 기존 시설을 철거후 통합 소화조 설치시 하수찌꺼기 감량화량은 113.6톤/일 증가한 137.9톤/일로 산정됨.
- 따라서 2040년기준 전체 하수찌꺼기 발생량 632.4톤/일중 감량화 목표량 113.6톤/일을 제외한 518.8톤/일은 기 운영중인 건조화 시설(585톤/일)에서 처리함으로써 민간위탁처리는 없는 것으로 계획함.

〈표 5.2-4〉 단계별 최종 처분계획

구분		2025년	2030년	2035년	2040년
하수찌꺼기 발생량	톤/일	621.3	629.2	632.3	632.3
하수찌꺼기 감량화 목표량	톤/일	113.6	113.6	113.6	113.6
건조화시설 처분량	톤/일	507.7	515.8	518.8	518.8
민간위탁 처분량	톤/일	-	-	-	-
계	톤/일	621.3	629.2	632.3	632.3
	톤/년	226,775	229,658	230,790	230,790

주) 하수찌꺼기 감량화 목표량은 통합설치시 137.9톤/일에서 기존 소화조 24.3톤/일을 제외한 처리량임.

2.3 하수찌꺼기 감량화 계획

2.3.1 하수찌꺼기 감량화의 적정성 검토

가. 통합소화조 설치방안

- 「수원시 공공하수도기술진단(2018.12)」의 결과에 따라 하수찌꺼기 감량화 시설의 감량화 목표량은 소화조 36,904m³을 설치하여 137.9톤/일 감량이 목표이며 기존 수원1처리장 소화조시설(V=9,076m³)의 감량화량 24.3톤/일을 제외시 실제 감량화율은 113.6톤/일로 예상됨.
- 「공공하수도시설 설치사업 업무지침('21.02.)」에 따라 감량화 등 하수찌꺼기 처리·처분계획 시에는 효율성 및 경제성 제고를 위해 분뇨 및 음식물 침출수를 통합소화조에 연계처리하는 통합바이오가스 적용

〈표 5.2-5〉 하수찌꺼기 감량화 목표량

구분		기존		감량화사업후 (통합)
		1처리장	2처리장	
하수찌꺼기 농축시설	시설방식	기계농축	기계농축	기계농축
	생슬러지농축량(톤/일)	661.5	580.1	1,564
	잉여슬러지농축량(톤/일)	577.2	540.0	1,072
소화조 교반방식		기계교반	-	기계교반
소화조 가온방식		간접가온	-	간접가온
소화조 유효용량(m ³)		9,076	-	36,904 (소화일수 14일)
생슬러지 및 잉여슬러지 VS함량(%)		75.7	75.8	75.8
소화효율(%)		28.3	-	40.0
탈수케익감량 목표량(톤/일)		24.3	-	137.9 (함수율 81%기준)
하수찌꺼기 감량율(%)		19.5%	-	30.3%

주) 수원시 공공하수도기술진단(2018.12)

나. 하수찌꺼기 감량률 검토

- 하수찌꺼기 감량화사업 성과 평가 및 개선방안(2019.7)을 분석한 결과 평균 하수찌꺼기 감량화율은 37.7%로 금회 수원공공하수처리시설 통합 소화조의 감량화율 30.3%보다 높아 목표값이 적정한 것으로 검토됨.

〈표 5.2-6〉 하수찌꺼기 감량률 검토

시설명	설계 TS (%)	소화조 유입			소화조 유출		감량율 (%)	비고
		유량 (m ³ /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)

다. 하수찌꺼기 감량화사업의 회수를 검토

- 수원공공하수처리시설 감량화 사업후 감소되는 하수찌꺼기 처리비, 약품비, 전력비와 소화가스를 활용한 추가 이익을 고려한 연간 운영비는 9,543백만원으로 사업준 유지관리비용 18,342백만원보다 8,799백만원 절감하여 총 사업비는 8.9년안에 회수하는 것으로 산정됨.
- 하수찌꺼기 감량화사업 미시행시 증가되는 하수찌꺼기량을 처리하기 위한 건조화시설 증설비용을 고려시 감량화사업의 사업성이 높은 것으로 검토됨.

〈표 5.2-7〉 하수찌꺼기 감량화사업 회수율 검토

(단위 : 백만원)

구 분	총사업비	연간 운영비					회수가간
		계	찌꺼기 처리비	소화가스 판매비	전력비	약품비	
사업전	-	18,342	15,639	-	181	2,523	-
사업후	78,463	9,543	9,415	(-)1,756	126	1,757	-
절감비용	78,463	8,799	6,224	1,756	55	767	8.9

주) 수원시 공공하수도시설 기술진단(2018.12) 참조

라. 소화가스의 활용방안 검토

- 통합 소화조에서 발생하는 소화가스는 건조화설비의 열공급원으로 공급, 조시가스로 판매, 열병합발전기의 설치 등 다양한 활용방안이 있으며 수원시는 현재 건조화설비의 열공급원으로 도시가스를 공급하여 과다한 비용이 지급되므로 향후 소화가스를 정제하여 공급함으로써 안정적인 수요처 확보가 가능함.

〈표 5.2-8〉 소화가스의 활용방안

구 분	1안 건조설비 공급	2안 도시가스 판매	3안 열병합발전기 설치
개념도			
특징	<ul style="list-style-type: none"> · 소화가스 정제시설이 단순함(탈황설비) · 현재 건조화설비에 공급되는 도시가스 비용을 절감하여 경제성이 매우 높음. 	<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"> · 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; 습건식, 제습기, 탈실록산 등)
검토사항	<ul style="list-style-type: none"> · 편익 : 수익창출 + 슬러지 처리비 · 비용 : 초기투자비 + 유지관리비(보조연료비, 수선비, 인건비 등) 		

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

2.3.2 하수찌꺼기 처리계획 비교검토

- 수원공공하수처리시설내 통합 소화조 설치(통합바이오가스)시 하수찌꺼기 발생량의 감소, 반류수 오염부하 감소로 안정적인 하수처리가 가능하며 하수찌꺼기 처리시설 증설보다 공사비는 높으나 8.9년의 회수기간으로 사업성이 충분함.
- 또한, 분뇨와 음식물 침출수를 소화조에서 통합처리하는 통합바이오가스를 적용시 처리장에서 발생되는 하수찌꺼기량의 저감과 소화조의 처리효율이 향상될수 있음.
- 또한, 메탄가스의 확용으로 온실가스 배출량 감소 및 에너지 자립율 향상 가능하며 건조화시설의 증설로 인한 악취 및 대기오염물질 발생의 민원이 해소됨.

〈표 5.2-9〉 하수찌꺼기 처리계획의 비교검토

구분	수원공공하수처리시설 통합 소화조설치	건조화시설 증설	비고
시설계획	• 기존 1처리장 소화조 폐쇄 후 통합소화조 36,904m ³ 설치	• 하수찌꺼기 처리시설 120톤/일 증설	
하수찌꺼기발생량	518.8	632.4	
건조화 시설용량	기존용량	585	
	증설용량	-	120
	계	585 (처리량 : 526.5)	705 (처리량 : 634.5)
경제성	공사비 (백만원)	71,302	22,846
	회수기간	8.9	해당없음
장점 및 단점	<ul style="list-style-type: none"> • 수원공공하수처리시설의 하수찌꺼기 처리공정을 일원화하여 유지관리가 용이함. • 건조화시설 증설로 인한 악취 및 오염원 배출 등 민원 해소 	<ul style="list-style-type: none"> • 인접 주민의 악취와 대기오염원 배출로 인한 민원발생 • 증설부지 확보 및 지하화의 어려움 발생 	
선정	◎		

2.4 단계별 하수찌꺼기 처분계획

- 수원시와 인접지자체에서 위탁처리하는 하수찌꺼기량은 기 설치된 하수찌꺼기 건조화시설 585톤/일(처리용량 526톤/일)을 103.4톤/일 초과하고 있으므로 '25년까지는 초과량을 민간으로 위탁처리하여야 함.
- 하수찌꺼기 감량화 사업이 완료되는 '25년이후 137.9톤/일 감량하여 하수찌꺼기 발생량은 518.8톤/일로 예상되며 기 운영중인 건조화시설에서 전량처리가 가능할 것으로 예상됨.
- 또한 통합바이오가스의 적용으로 수원처리장의 하수찌꺼기 발생량이 감소함에 따라 하수찌꺼기 감량화 효과가 클것으로 예상됨.
- 따라서 하수찌꺼기 감량화이전 항구지천 처리시설 증설에 따라 증가되는 하수찌꺼기는 탄력적으로 운영하며 외부 위탁업체에서 처리하는 것으로 계획함.

〈표 5.2-10〉 하수찌꺼기 처리계획의 비교검토

구분		'20~'25년 (통합소화조 설치전)	'26~'45년 (통합소화조설치후)
개요		<ul style="list-style-type: none"> 수원시(수원, 서호, 황구지천) 자체 슬러지발생량 처리 ※ 수원 하수처리시설 통합소화조 설치 전 인접지자체(오산, 광주) 협약물량 위탁처리 	<ul style="list-style-type: none"> 수원시(수원, 서호, 황구지천) 자체 슬러지발생량 처리 ※ 수원 하수처리시설 통합소화조 설치로 인한 하수찌꺼기 발생량 감량화 반영 인접지자체(오산, 광주) 협약물량 위탁처리
분뇨 및 음식물 침출수 처리		수원1처리장의 산발효조로 연계처리후 잔여량은 2처리장에 연계하여 처리중	통합바이오가스를 적용하여 음식물, 분뇨 침출수 통합 소화조에서 처리
하수찌꺼기발생량		<ul style="list-style-type: none"> 수원시 : 474.4톤/일 인접지자체 : 155톤/일(오산 71 + 광주 84) 합계 : 629.4톤/일 	<ul style="list-style-type: none"> 수원시 : 363.8톤/일(2040년 기준) ※ 감량화량 137.9톤/일 반영 인접지자체 : 155톤/일(오산 71 + 광주 84) ※ 오산은 협약기간 연장 요청 합계 : 518.8톤/일
처리량	전체	<ul style="list-style-type: none"> 운영 중 시설 : 585톤/일 (처리가능량 : 526톤/일, 가동율 90% 고려) ※ 처리용량 대비 하수찌꺼기 103.4톤/일 초과 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 운영 중 시설 : 585톤/일 (처리가능량 : 526톤/일, 가동율 90% 고려) ※ 하수찌꺼기 발생 전량 처리가능
	건조화 시설	526톤/일(수원시)	518.8톤/일(수원시 및 인접지자체)
	위탁처리	103.4톤/일(수원시 및 인접지자체)	-

〈표 5.2-11〉 하수찌꺼기 발생원 및 처리·처분계획

구분		'25년이전(통합소화조 설치전)			'25년이후(통합소화조 설치후)		
		전처리	중간처리	최종처리	전처리	중간처리	최종처리
수원	1처리장	농축 혐기성소화 탈수			농축 혐기성소화 탈수 (통합소화조)		
	2처리장	농축 탈수					
서호		농축 탈수	건조화시설 + 민간위탁	화력발전소 보조연료 시멘트원료	농축 탈수	건조화시설	화력발전소 보조연료 시멘트원료
황구지천		농축 탈수			농축 탈수		
음식물, 분뇨 침출수		수원2처리장 연계처리			통합바이오 직투입		
인접지자체		-			-		

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