1. 고성군 하수처리 현황

(1) 고성군 하수종말처리장 현황

고성군은 1996년부터 고성처리구역에 하수종말처리장 건설사업을 추진하였으며, 2002년 12월에 준공하여 2003년 현재 시설용량 10,500㎥/일의 처리장을 가동 중에 있다.

3

고성군의 HSC 공법을 이용한 하수슬러지 퇴비화시설 설치

글 _ 김영재 경상남도 고성군 도시과장

① 시설현황

위 치	고성군 고성읍 송학리 1-1번지			
면 적	36,193㎡(10,948평)			
사 업 비 (백만원)	계	국비	도비	군비
	27,920	19,544(70%)	4,188(15%)	4,188(15%)
사업기간	1998. 7. 2 ~ 2002. 12. 31			
시 공 자	현대산업개발(주) 외 4개사			
감 리 자	농업기반공사 고성 · 거제지사			
처리용량 (㎥/일)	하수처리	10,500	산화구+약품처리+사여과	
	분뇨처리	50	정화조 40, 분뇨 10	

표 1〉 고성군 하수종말처리장 현황

② 처리공정

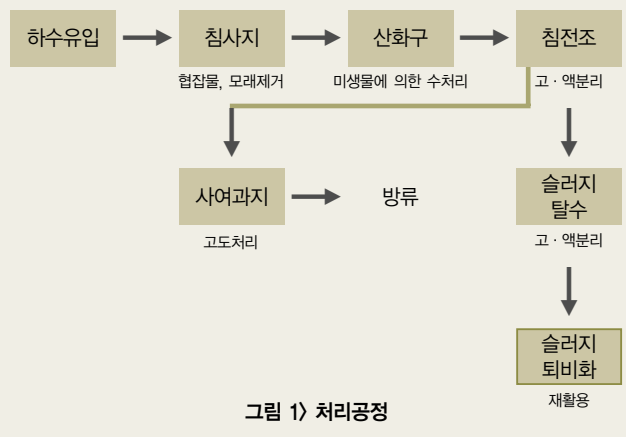

그림 1〉 처리공정

③ 주요 하수처리시설

하수처리를 위한 주요 시설 및 규격은 아래의 표 2〉와 같으며 슬러지 부숙시설이 설치됨에 따라 하수처리장으로 유입되는 관내 하수 및 분뇨의 처리뿐 아니라 발생되는 찌꺼기인 하수슬러지까지 재활용할 수 있다.

④ 유입 및 처리수 수질현황 : 표 3〉 참조

(2) 하수슬러지 발생 및 처리현황

① 하수슬러지 발생량 및 처리현황

고성군 하수종말처리장이 가동(2003년 1월~현재)된 기간동

시설명		규격	용도	비고
하수처리	침사지	장방형 중력침강식×2지	협잡물처리용	
	유입펌프	수중모터펌프(6.4㎥/min)×3대	하수유입펌프	
	산하구	3,500㎥×3지	미생물수처리	
	최종침전지	중력식 원형침전지×3지	고 · 액분리	
	약품투입설비	Alum, NaOH투입	인제거 및 pH조정	
	사여과지	중력식, 하향류방식×3지	미세부유물질제거	
	농축조	중력식 농축조	슬러지농축	
	탈수기	고압탈수기×2대	슬러지탈수용	
	슬러지 부숙시설	입형다단식(HSC) : 5㎥/일	슬러지퇴비화장치	
	탈취기	토양탈취	하수악취제거용	
	차집관거	4,758m	하수유입	
분뇨처리	종합협잡물 처리기	50㎥/hr×2대	분뇨협잡물처리기	
	펌프	모터펌프×6대	분뇨이송	
	계근대	50톤	반입분뇨계량	
	탈취기	수세식	악취제거용	

표 2〉 주요 하수처리시설

(단 위 : ㎎/ℓ)

구분	유입량 (㎥)	BOD		COD		SS		T-N		T-P		대장균군수	
		유입	방류	유입	방류	유입	방류	유입	방류	유입	방류	유입	방류
방류수 기준수질		20		40		20		60		8		3,000	
평균	8,516	29.6	0.9	24.3	6.1	32.6	0.5	11.085	10.461	1.264	1.158	30,192	431
9월	7,954	31.9	0.9	26.1	5.9	31.5	0.3	11.972	11.374	1.384	1.156	42,867	337
8월	8,520	24.9	1.0	22.3	6.3	30.4	0.6	10.175	9.981	1.161	1.221	24,194	302
7월	9,073	32.0	0.8	24.4	6.0	35.8	0.5	11.109	10.029	1.247	1.097	23,516	654

표 3〉 유입 및 처리수 수질현황

안 약 900여톤의 하수슬러지가 발생하여 일평균 약 3톤/일의 탈수케익이 발생되었으며 전량 위탁하여 해양투기방식으로 처분하고 있다. 슬러지 부숙시설이 가동될 경우, 아래의 표 4〉와 같이 2004년에 발생되는 약 1,000톤의 하수슬러지는 전량 퇴비화하여 재활용될 계획이다.

년도	평균발생량	처리방식	처리단가	비고
2003	3톤/일	해양투기(위탁)	32,000원	
2004	3.5톤/일	퇴비화	20,000원	년간 발생퇴비 250톤 예상

표 4〉 하수슬러지 발생량 및 처리현황

② 하수슬러지 성분분석 및 비교

고성군 하수종말처리장에서 발생되는 슬러지를 안정화하여 생산되는 부숙토는 여러 방법으로 재활용될 예정이므로 슬러지의 성분분석을 통해 관련규격에 대한 비교를 하였으며 아래의 표 5〉와 같이 유해물질농도는 농업과학기술원의 '퇴비의 원료 중 사전 분석검토 후 사용 가능한 원료'를 만족하며 환경부의 부숙토 원료기준 중 가등급의 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

(3) 하수슬러지 처리시설 설치사업 추진 현황

- 2001. 6 : 고성군 하수도정비기본계획 수립
- 2002. 3 : 슬러지 부숙시설 8톤/일(증설 3톤/일 포함)용량 기본 및 실시설계
- 2002. 9 : 환경부, 『하수슬러지종합계획』 단기대책 중 재활용 시범사업 채택
- 2003. 1. ~ 2003. 11. : HSC 슬러지 부숙시설 5톤/일 용량 설치공사

2. HSC 슬러지 부숙(퇴비화)시설 개요 및 설치

(1) HSC 슬러지 부숙(퇴비화)시설 개요 : 표 6〉 참조

우리나라의 하수슬러지는 2002년말 기준으로 전국 201개 하수종말처리시설(시설용량 19,620천톤/일)에서 일 평균 5,680톤, 연간 약 200만 톤이 발생되고 있으며, 유형별로 해양배출 72%, 육상매립 9.3%, 소각 9.8% 및 재활용 9.1%의 순으로 처리되고 있다. 이렇게 발생된 슬러지의 처리는 금년 7월 육상직매립 전면 금지와 함께 급격히 증가한 해양투기의 규제가 예상되고 있다.

고성군은 이러한 슬러지의 처리 및 처분의 규제를 예측하여 다각도로 슬러지 처리기술을 검토하고 고성군의 지역적 특성에 맞는 처리방법을 검토하였다. "고성군하수도정비기본계획"을 통해 퇴비화, 토지주입, 소각, 해양투기 및 고화의 여러 가지 처리방법을 검토하였으며 국내기술수준 및 적용실적에 대한 폭 넓은 검토를 수행하였다. 슬러지의 처리 방법으로 오

구분	퇴비의 원료 중 사전 분석검토 후 사용 가능한 원료에 대한 지정요령 (농과원 고시 제2003-1호)	유기성 슬러지 등을 토지개량제 및 매립시설 복토용도로의 재활용 방법에 관한 고시 (환경부 고시 제2000-78호)		고성군 하수종말처리장 탈수 슬러지 (시험기관:충남대학교)
규격 / 성분명	규격 (건물중 기준)	부숙토 원료기준		
		가등급	나등급	
유기물	60%이상			65.6
비소	50㎎/㎏이하	50㎎/㎏	50㎎/㎏	검출안됨
수은	2㎎/㎏이하	2㎎/㎏	3㎎/㎏	검출안됨
납	150㎎/㎏이하	150㎎/㎏	225㎎/㎏	31.5
카드뮴	5㎎/㎏이하	5㎎/㎏	8㎎/㎏	1.5
크롬	300㎎/㎏이하	300㎎/㎏	370㎎/㎏	30.5
구리	500㎎/㎏이하	500㎎/㎏	750㎎/㎏	192
아연	900㎎/㎏이하			579
니켈	50㎎/㎏이하			18
기타				염분 : 0.24%

표 5〉 하수슬러지 성분분석 및 비교

위 치	고성군 고성읍 송학리 1-1번지 하수종말처리장 내		
면 적	272㎡(82평)		
사 업 비 (백만원)	계	국비	지방비
	1,140	798(70%)	342(30%)
사업기간	2003. 1. 29 ~ 2003. 11. 28(예정)		
시 공 자	현대엔지니어링(주)		
적용공법	환경신기술 제 15 호, HSC공법(슬러지퇴비화)		
슬러지 처리용량	5㎥/일		

표 6) HSC 슬러지 부숙(퇴비화) 시설 개요

래 전부터 고려되어 왔던 것은 소각처리법이었으나 소각에 의한 대기오염의 위해성이 널리 알려져 있어 민원의 발생이 예상되고 소각할 경우 평균처리단가가 5~8만원 정도로 재활용 처분방법보다 고가라는 여러 가지 단점이 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 슬러지를 소각이나 매립할 것이 아니라 가능한 재활용할 경우 비용 및 환경영향적인 측면으로 유리하고, 하수슬러지를 퇴비화하여 생산된 부숙토를 직접 토양으로 돌려보내 최종처분할 경우 토양개선 및 최종처분의 여러 이점이 있는 것으로 검토되었다.

슬러지 퇴비화(부숙) 기술은 폐기물의 재활용이란 측면과 매립 및 기타의 처리방법으로 발생하였던 2차적 환경오염의 예방이라는 측면에서 큰 중요성을 가지며 미생물을 이용한 분해공정이므로 안전하고 에너지를 절약할 수 있으며, 부산물 퇴비를 산림 및 농가용으로 보급할 수 있어 유기농법의 확산과 함께 토양의 물리성도 개선할 수 있는 부가 효과도 기대할 수 있어 여러 가지 폐기물 재활용의 장점을 가지고 있다.

(2) HSC 공법 및 공정 특징

① 공정 원리

본 퇴비화 기술의 공정은 크게 전처리와 부숙단계로 나눌 수 있다. 전처리 단계는 80% 내외의 수분을 가지고 있는 하수슬러지를 퇴비화 반응에 적당한 60% 내외의 함수율로 낮추는 단계이다. 건조단 내에서는 축에 연결된 내부 교반자가 슬러지를 열풍과 효과적으로 접촉하여 건조가 이루어지도록 연속적으로 회전한다. 슬러지는 교반날개에 부딪혀 크기가 작아지고 적절한 함수율 상태로 배출된다. 건조단에서 건조된 슬러지와 최종발효단(부숙조)에서 배출된 퇴비 중 일부인 반송퇴비가 혼합되어 본 처리공정인 부숙단계를 거치게 된다. 반송퇴비는 건조된 슬러지와 혼합되어 함수율을 낮추는 역할과 함께 초기 미생물 반응을 빠르게 하여 미생물을 보충하는 중요한 기능을 한다.

발효단은 수평원통형으로 1, 2, 3단의 발효통이 입형으로 구성되어 있다. 발효1단에서 슬러지는 약 3일 체류 및 이송되면서 유기물의 분해과정이 이루어지는데 분해열로 인하여 발효단 내의 온도는 약 50℃로 상승한다. 발효2단에서 유기물분해가 계속됨에 따라 온도는 약60℃까지 이르게 되며 슬러지는 약 3일 정도 체류한다. 발효3단에서 슬러지의 유기물분해는 거의 마무리되고 열발생이 없어 냉각되는데 약 3일간 체류하면서 숙성의 단계를 거쳐 외부로 배출된다. 발효과정에 필요한 신선한 공기는 발효단의 축을 통해 공급되며 발효단의 회전수를 조절하여 발효속도 및 온도를 조절하고, 각 단마다 적정발효온도를 설정하여 설정온도 이상으로 온도가 상승할 경우에는 공기의 공급량을 증가시켜 발효온도를 조절하고 있다. 또한 발효단 내부에서의 슬러지의 통기성과 이송효율을 높이기 위하여 반송슬러지의 입도를 조절하는 것도 중요하다.

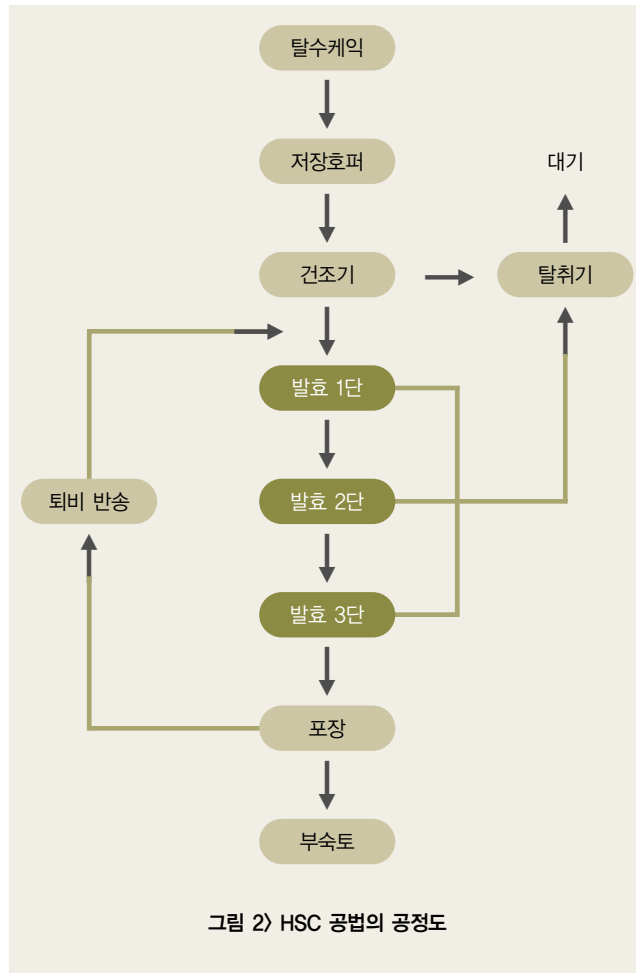

그림 2) HSC 공법의 공정도

② HSC 공정 설명

고성군 슬러지 부숙시설의 공정도는 그림 2〉와 같이 건조기, 발효단, 포장기로 구성되어 있다.

한편 각 공정별 개요는 아래의 표 7〉과 같다.

구분	공정개요
저장호퍼	– 하수슬러지를 호퍼에 일시 저장하여 투입량을 조정함 – 1일 슬러지 발생량을 저장
건조기	– 교반기부착형 열풍회전건조기 – 하수슬러지를 부숙하기 적당한 함수율로 건조함 – 발효단에서의 적합한 함수율을 만들기 위하여 슬러지의 함수율을 60% 이내로 건조 – 슬러지는 리프트에 의해서 드럼상부로 이송되고 낙하하며 열풍과 접촉 및 교반 날개에 의하여 파쇄되며 건조됨
혼합	– 건조슬러지와 최종생산물의 일부를 혼합하여 함수율의 조정 및 발효 미생물을 보충하여 적절한 입도를 형성함 – 건조슬러지와 최종발효단에서 배출된 퇴비(부숙토)의 일부인 반송부숙토를 혼합하여 슬러지의 함수율을 약 50% 내외로 조정 – 반송부숙토는 건조된 슬러지와 혼합되어 슬러지 이송을 원활하게 하고 슬러지와의 공극을 유지함
발효단	– 3개의 수평원통형으로 구성 – 수평형 드럼이 회전하며, 혼합 및 뒤집기 – 공급된 공기와 접촉하면서 60℃ 이상의 산화열이 발생 (발효 1, 2단 : 50~65℃, 발효 3단 : 40℃이하) – 각 단별로 3~4일간의 체류시간 소요 – 유기물이 분해 되어 슬러지가 안정화되며 수분이 제거됨
반송장치	– 발효 3단에서 배출된 퇴비(부숙토)를 건조물과 혼합 – 배출된 퇴비(부숙토)를 분쇄기로 균일하게 하여 반송
통기장치	– 호기성 상태를 유지하기 위해 발효더미의 하부로 공기를 공급하며, 발생 수분 및 가스 배기 – 발효더미의 온도조절
부숙토 포장/후숙	– 발효단계를 거쳐 안정화된 슬러지 퇴비(부숙토)는 사용 및 취급이 용이한 펠렛 형태로 생산되며 자동포장 되어 후숙됨

표 7〉 HSC 공정 설명

(3) HSC 부숙시설 설치공사

그림 3〉 시공 중인 슬러지 부숙(퇴비화) 시설 전경

① 공사비 자료

• 처리용량 : 5㎥/일(24시간/일 가동기준)

항목	금액(백만원)	구성비(%)
설계비	50	5
기계공사	930	80
전기/계장공사	100	10
시운전비용	60	5
공사비합계	1,140	100

표 8〉 공사비 내역

② 주요 기자재 목록

기기명	사양(SPEC.)	수 량
원료저장호퍼	· 용 량 : 11㎥	1
스크류휘더	· 용 량 : 2ton/hr	3
벨트컨베이어	· 용 량 : 2ton/hr	6
건조기	· TYPE : 열풍회전 교반형 · 용 량 : 250Kg/hr	1
발효단	· TYPE : 횡형 원통형 · 용 량 : 20㎥×3개	3
분쇄기	· 나이프 회전식	2
이송엘리베이터	· 버킷형	2
제품 저장호퍼	· 용 량 : 5㎥	1
자동포장기	· 용 량 : 200BAG/hr	1
탈취탑	· TYPE : 약품세정	1

표 9〉 주요 기자재

3. HSC 부숙시설 운영계획

(1) 부숙토 활용계획

① 부산물퇴비로 활용

부숙시설에서 생산되는 퇴비가 부산물비료원료지정(농업과학기술원장) 및 비료공정규격(비료관리법)을 만족할 것으로 예상되므로 비료공정규격을 만족할 경우 농경지, 목본과수지, 화훼재배지, 묘목장, 식용작물재배지 및 산림에 활용 가능하므로 지속적인 퇴비질 확보(관리) 및 모니터링(유지)을 통해 군내 활용처를 확대할 계획이다.

② 부숙토로 활용

부숙시설에서 생산되는 퇴비는 환경부 고시(2000-78호)에 의한 부숙공정을 만족하므로 토양개량제 및 매립시설 복토용으로 활용이 가능하므로 정원, 공원, 임야, 간척지, 개간지, 도로절개지, 폐광지, 토양식생복원사업지에 우선적으로 활용할 계획이다.

(2) 부숙시설 운영 및 홍보계획

① 부숙시설 운영 효과

- 슬러지 자원화 환경시설로 벤치마킹 대상지 부각
- 폐기물 재활용 및 위생화를 통해 환경 친화적 도시 위상 정립
- 환경신기술 적용을 통한 선구자적 환경 행정 실현

② 부숙시설 홍보 계획 – 하수슬러지 재활용 벤치마킹을 통한 환경홍보 강화(고성군)

- 전국적 유관기관에 홍보지 전달 및 홍보세미나 개최
- 부숙시설 소개 및 홍보관련 책자 및 영상물 제작
- 부숙토를 활용한 시범활용지(식물재배지) 운영
- 전문기술인 상시 자문 유지(퇴비 활용 측면)

4. 맺음말

고성군에 적용된 HSC 퇴비화기술은 별도의 첨가제 투입 없이 자체 생산된 반송퇴비를 이용하여 하수슬러지를 안정화 및 감량화시키는 기술로서, 건조단에서 1차 전처리한 슬러지와 생산퇴비의 일부를 혼합시켜 함수율을 50% 내외로 조정한 후, 고온발효, 중온발효, 냉각의 3단 발효과정을 거쳐 하수슬러지를 퇴비화하는 기술이다. 80% 이상의 높은 감량 및 감용률로 사업장 폐기물인 하수슬러지 처리에 가장 적합하게 개발된 시스템이다. 또한 생산된 부숙토는 취급이 용이하고 품질이 우수하여 토양에 시비될 경우 토양의 이화학성 및 물리성을 개선하는 측면에서 부산물 비료 중에서도 우수한 효과를 보이는 것으로 나타났다. 장치는 완전 밀폐형으로 이루어져 있어 악취의 포집이 용이하며, 이송장치에서 발생하는 분진과 악취를 동시에 처리하여 쾌적한 운전환경이 될 수 있도록 설계되었다. 탈수기를 통해 배출되는 하수슬러지는 부숙시설로의 이송, 전처리, 발효가 엄격하고 자동화된 공정에 의해서 이루어지며 생산퇴비의 배출 및 포장은 완전자동화 함으로써 소수의 기존 인력으로도 유지관리가 가능할 뿐만 아니라 어렵게 생각되는 생산물 품질관리도 용이하도록 설계 및 시공되어 있다.

고성군 하수종말처리장은 처리구역이 고성읍이므로 비료관리법에 의해 농업과학기술원장의 부산물비료 원료로 사용가능한 승인을 받고, 생산된 퇴비에 대하여도 법이 정한 기준을 만족한다면 부산물 비료로 등록이 가능하여 시중에 유통되고 있는 부산물 비료처럼 사용처의 제한을 받지 않고 사용할 수 있는 이점이 있다. 또한 환경부고시에 따른 조경용, 복토용, 골프장 및 폐광매립용 등으로 폭넓은 활용이 가능하다.

금년 7월 슬러지 직매립 금지와 함께 해양투기의 규제가 예상됨에 따라 슬러지 재활용 및 기타처리방안이 관계기관을 중심으로 활발하게 논의되고 있는 상황에서 고성군에 시범적으로 적용된 하수슬러지 퇴비화 시설의 설치 및 운영은 이후 슬러지 처리 및 재활용 방법에 중요한 제안을 드린 것이며, 처리 및 활용에 대한 지속적인 관심을 통해 모범적인 폐기물 재활용 벤치마킹 대상지를 제공하는 의의가 있다.