

논산시 슬러지 처리시설 적정 공법 선정 연구

환경생태연구팀 정종관, 이상진, 오혜정

차 례

I. 연구의 개요	1
II. 슬러지 처리공법 검토	4
1. 건조 / 4	
2. 퇴비화 / 8	
3. 소각 / 10	
4. 용융 / 14	
5. 탄화 / 15	
III. 슬러지 발생특성 및 자원화	22
1. 충청남도 슬러지 처리 현황 및 계획 / 22	
2. 논산시 슬러지 발생 특성 / 24	
3. 논산시 슬러지 자원화 방안 / 25	
IV. 결론 및 제언	27
1. 결론 / 27	
2. 제언 / 28	

I 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

- 논산시는 환경적으로 쾌적하고 지속가능한 발전 추진의 일환으로 환경기반시설을 구축하고 있음. 이러한 시설로는 하수처리시설, 분뇨처리시설, 축산폐수공공처리시설 등이며, 시설의 가동에 따라 슬러지가 발생하고 있음.
- 유기성폐기물 중 음식물쓰레기와 슬러지류에 대하여 직매립을 금지조치와 관련하여 폐기물관리법 시행규칙 명시와 함께, 시지역의 음식물쓰레기는 2005년 1월부터 각종 슬러지류는 2003년 7월부터 직매립이 금지되었음.
- 이러한 직매립금지는 슬러지의 육상처리 및 자원화를 전제로 하고 있으나, 기술적, 경제적인 이유로 인해 육상처리보다는 해양배출을 우선시하여 시행되어 왔음. 1990년대 말부터 하수슬러지의 해양배출이 증가하고 있으나 최근에 해양오염이 지구적 환경문제로 인식되면서 폐기물의 해양배출에 의한 오염을 예방하는 차원에서 채택되었던 72런던협약 개정 96의정서(96런던협약의정서)가 발효되면서 슬러지 처리에 대한 구체적 대안을 요구하게 되었음. 따라서, 단계별 규제일정에 맞추어 하수슬러지의 육상처리기반을 확충하기 위한 체계적인 계획 수립 필요.
- 2008년부터 슬러지의 해양투기가 일부 금지되고 2012년부터는 전면 금지됨에 따라 육상처리를 전제로 한 자원화기술을 개발하고 현장에 보급해야 하므로 논산시에서는 관내에서 발생하는 하수, 분뇨, 축산폐수 슬러지의 안전한 처리를 도모할 필요가 있음.
- 이에 따라 논산시에서 충남발전연구원에 현안과제로 요청함으로써 슬러지 처리에 대한 방향과 대안의 타당성을 분석하는데 목적이 있음.

2. 연구의 범위

- 공간적 범위 : 논산시 관내 환경기초시설(하수, 분뇨, 축산폐수)
- 시간적 범위 : 기준년도 2006년
 목표년도 2020년
- 내용적 범위 :
 - 슬러지 처리공법 비교분석
 - 슬러지 발생량 및 특성분석
 - 슬러지 처리 적정 공법 선정
 - 개략 비용 산정

3. 연구의 필요성과 기대효과

- 슬러지의 해양투기 규제 강화 등에 능동적인 대처
- 논산시 관내에서 발생하는 유기성 슬러지의 적정처리를 통한 환경안전성 확보
- 유기성 슬러지 처리시설 공법선정 의사결정 시 합리적 정책대안 제시.

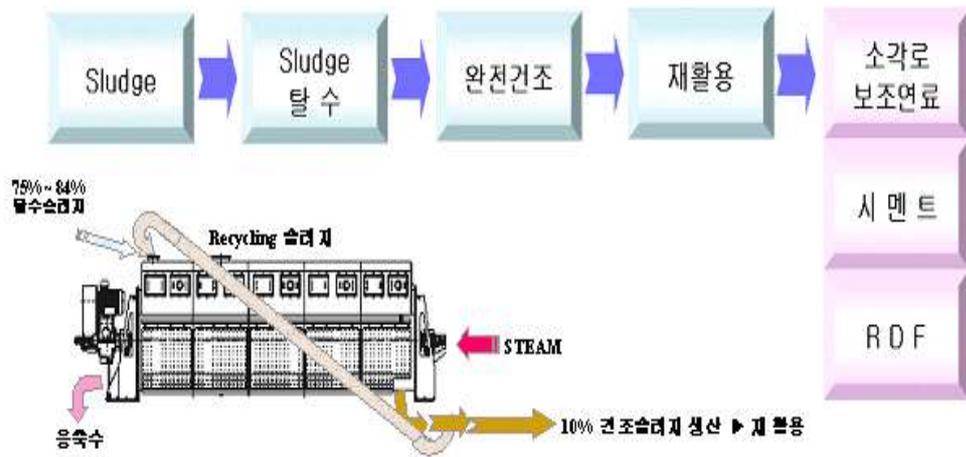
II 슬러지 처리공법 검토

1. 슬러지 건조

- 함수율이 높은 슬러지는 직접 이용이 곤란하기 때문에 대부분의 처리 및 재활용 과정에서 함수율을 낮추기 위한 전처리 공정으로 적용하거나 완전 건조 후 직접 이용하기 위해 건조 공정을 채택하고 있음.
- 일반적으로 건조는 함수율을 낮추기 위한 단순한 기술로 인식하고 있지만 건조되는 물질의 특성에 따라 건조 특성이 다르게 나타날 뿐 아니라 사용처의 상황에 따라 다른 상태의 건조슬러지를 요구하기 때문에 기술 선정에 신중을 기할 필요가 있음

1) 공정

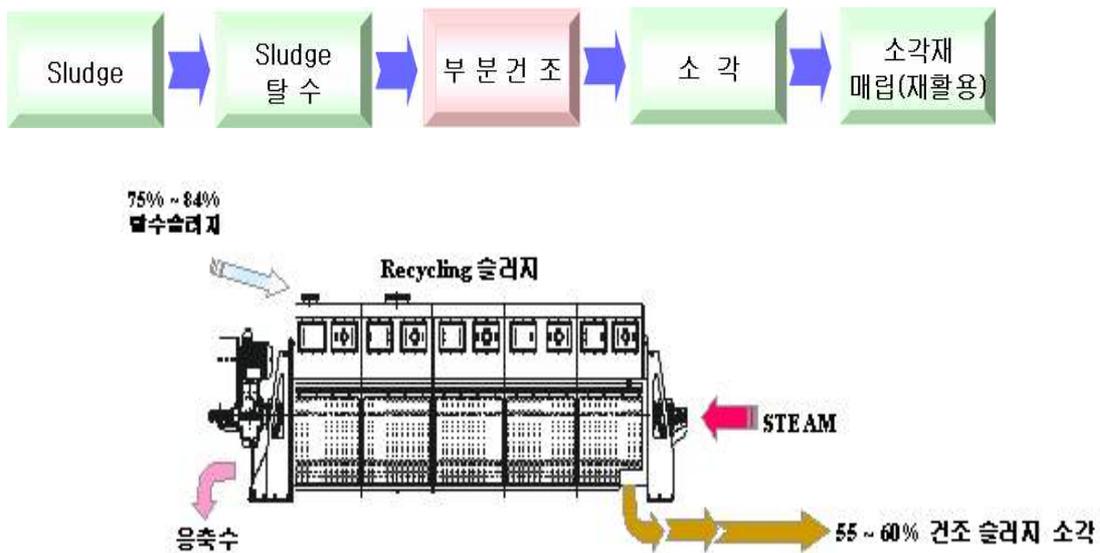
- 슬러지 건조방식은 열의 이용방식에 따라 연소열을 직접 건조에 이용하는 직접 건조방식과 연소열로 증기 등을 발생시켜 간접열을 이용하는 간접건조방식이 있음.
- 완전건조공정
 - 완전건조란 슬러지의 수분함량을 약 10~15% 이하로 만든 후 재활용하기 위한 건조임
 - 슬러지의 재활용을 위해 펠렛(pellets)형태 및 슬러지의 부피를 감소
 - 고형물질(DS) 농도를 높이고 부패, 변질방지, 병원균사멸, 취급용이성



<그림 > 완전건조과정 처리계통도

○ 부분건조

- 슬러지의 수분을 저감한 후 소각하기 위해서 부분건조를 실시하는 공정
- 슬러지의 건조 후 수분함량을 약 55~65% 부분건조 후 소각



<그림 >부분건조과정 처리계통도

<표 > 건조에 소요되는 에너지량

구 분	부분건조(35% DM)	완전건조(95% DM)
경유 연료(L/t DM)	120	300
전기(kwh/t DM)	30	50

<표 > 직접건조방식과 간접건조방식의 비교

항 목		직접건조방식 (대류전열방식)	간접 건조방식 (전도전열방식)
구조 및 원리		<p>소각로에서 발생하는 연소가스와 슬러지가 건조기 내에서 직접 접촉하여 연소가스의 대류에 의하여 슬러지를 건조하는 방식</p>	<p>소각로에서 발생하는 연소가스 또는 열교환에 의하여 생산된 열매체의 건조를 위해 설치된 배관에 통과시켜 슬러지를 건조하는 방식</p>
건조슬러지 특성	-함수율	10% 이하	10% ~ 60%
	-성상	분말, 입상	입상
특성	-비중	0.7이하	0.7 ~ 1.1
	-발열량	2,000Kcal/kg내외(습윤저위기준)	1,500Kcal/kg내외(습윤저위기준)
후속공정 연계용이성	-안정성	생물, 물리적으로 안정	생물, 물리적으로 변화가 용이
	-저장성	가능	불리
	-퇴비화	양호	우수
	-고화	양호	우수
	-연료화	양호	우수
열전달 효율	-소각	우수	양호
	-용융	우수	양호
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
건조기 종류		회전, 유동층, 기류, 분무	디스크, 패들, 원반, 썬필름

2) 경제성

- 건조기는 대부분 열을 가하여 수분을 증발시키는 기계이기 때문에 시설설치비

이외에도 연료비, 전기비, 인건비 등의 여러 요소들을 동시에 검토해야 함. 일반적으로 시설 설치비는 공급되는 슬러지 톤당 0.8억원이 소요되며 운영비용은 톤당 45,000원 정도임.

- 연료비는 건조 효율에 따라 변화되지만 시설 설치비를 제외한 전체 운영비의 50% 이상을 차지하는 중요한 인자이므로 효율이 높은 건조기를 선택하고 경제적인 연료사용을 검토.

3) 운영조건

- 유기성 슬러지는 유기물이 다량 함유로 인해 건조 슬러지는 120℃ 이상에서 자연 발화하는 문제가 있으나 시설공정은 단순 간편함.

4) 환경성

- 슬러지의 건조과정에서 발생하는 악취의 발산과 비산 슬러지의 배관 내 퇴적에 따른 막힘 현상으로 인한 문제점이 지적되어 왔음. 따라서 방지시설의 종류, 구성 및 용량에 주의를 기울여 적절한 방지시설을 설치하여야 함.
- 건조 슬러지를 외부로 이송하여 재이용하는 경우에는 이송과정에서의 흩날림, 악취발산이 이용에 장애를 초래할 수 있으므로 건조슬러지의 형상 및 운송방안에도 주의를 기울여야 할 것임.

2. 슬러지 퇴비화

- 퇴비화는 호기성 조건하에서 생물학적으로 유기물을 안정화시키는 유기성 폐기물 자원화 방법으로 음식물찌꺼기, 농·축산폐기물, 낙엽 또는 하수 슬러지 같은 유기물을 부식토로 변환시키는 생화학적 공정임. 부산물인 퇴비는 질적으로 안정화되어 있으므로 녹생토(건설공사 녹화용)와 매립복토재로서 사용 가능함.
- 유기성 폐기물의 녹농지 이용을 위한 퇴비화의 목적은 다음의 3가지로 대별할

수 있음.

(1) 유기물의 분해에 의한 안정화(stabilization)

- 슬러지에는 미분해성 물질이 많고 질적으로 불안정한 형태의 유기물 함량이 높아 슬러지를 직접 토양에 살포 시 토양 중에서 유기물의 급격한 분해로 토양산소의 결핍, 생육작물의 성장장애 및 뿌리 썩음의 원인이 됨. 따라서 슬러지 내 유기물질을 미리 퇴비화 처리함으로써 슬러지 중의 불안정한 유기물을 분해하여 안정화할 필요성이 있음.

(2) 안정성(safety)

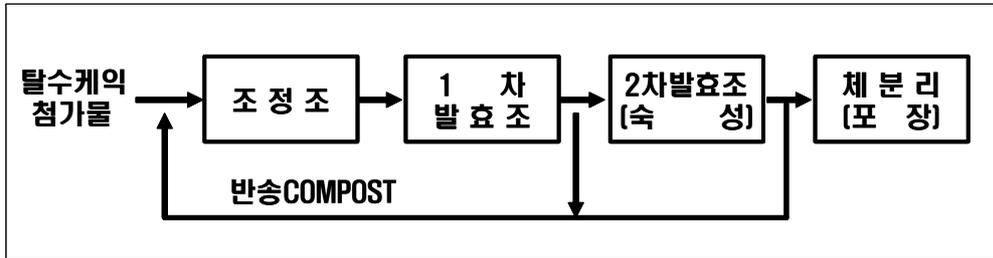
- 슬러지 중에는 병원균, 기생충란, 바이러스 및 잡초 종자 등이 혼입되어 사용자에게 위해를 미칠 수 있음. 퇴비화 과정의 고온대에서 이들 물질이 사멸 또는 불활성화되므로 위생적으로 안전한 부산물이 됨.

(3) 취급성 개선(treatment)

- 탈수케익의 함수율은 70~80% 정도이기 때문에 취급성이 불량함. 퇴비화의 1차적 목적은 아니나 퇴비화 처리를 통하여 건조화되므로 최종부산물의 취급성, 저장성이 개선되고 최초중량에 비하여 무게가 줄어들게 됨.

1) 공정

- 실제 운영되고 있는 퇴비화 단위공정을 살펴보면 크게 각종 첨가물 및 조작 등을 가하여 수분을 조절하는 전처리단계, 호기성 미생물을 활발하게 움직이게 하여 유기물을 분해시키는 1차 발효단계, 활성화되어 있는 유기물을 안정화시키는 2차 발효단계, 체분리 및 포장을 하는 제품화단계로 구성되어 있음. 실질적으로 중요한 제어조작은 1차 발효단계로서 이 단계의 공정제어에 따라 유기물 분해가 좌우됨.



<그림 > 퇴비화 기본 프로세스의 개요

2) 경제성

- 일반적으로 퇴비화시설 설치비는 공급되는 슬러지 톤당 2.0억원이 소요되며 운영비용은 톤당 11,000원 정도임.
- 따라서 슬러지 퇴비화시설의 설치비는 높으나 운영비는 낮은 편임

3) 운영조건

- 유기성 슬러지의 장기간 부숙에 따른 시설규모의 대형화 및 처리기간의 장기화
- 수요의 불규칙성으로 저장 및 취급상의 문제 예상

4) 환경성

- 퇴비의 시비에 의하여 토양환경을 악화하는 것은 허용되지 않으며, 퇴비시비의 안전성에 가장 주의가 필요한 것은 중금속 오염임.
- 우리나라의 부숙토 제품기준은 '가'등급의 경우 건조중량 기준으로 비소 50, 카드뮴 5, 수은 2, 크롬 300, 구리 500, 납 150mg/kg 이하로 규정되어 있음.
- 악취와 오수, 불쾌감과 같은 환경상의 문제와 함께, 병원균 등의 위생적 측면의 검토도 필요.

3. 슬러지 소각

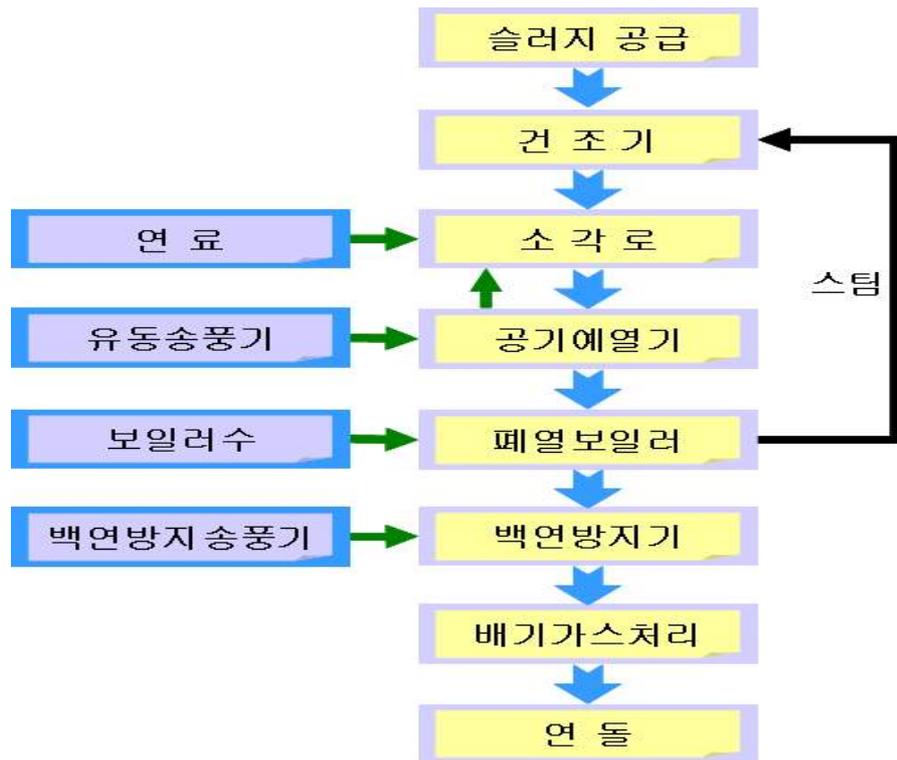
- 소각은 고온에서 가연성 폐기물을 공기 중의 산소와 반응시켜 최종 처분량의 감소, 전염병 예방을 위한 안정화, 유해폐기물의 무해화를 도모하는 방법으로 최종 처리시설인 매립지의 수명연장, 운반 및 매립비용의 절감, 소각열의 경제적 이용 등의 장점이 있는 유용한 방법.
- 슬러지 소각의 경우, 생활폐기물에 비해 성상이 균일하기 때문에 연소관리는 용이한 편이나, 높은 함수율의 영향으로 보조연료 사용량이 많아 운영비가 과다 소요되는 경향이 있음. 이런 문제를 해소하기 위해 최근에는 소각시설 전단에 건조기를 설치하여 소각 시 발생하는 폐열을 효과적으로 이용함으로써 경제적인 운전이 가능해졌을 뿐만 아니라, 소각재는 시멘트 원료로 재이용이 가능해 슬러지 처리기술로 가장 많이 채택되고 있음.

<표 > 소각방식의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 처리시간이 짧다 • 처리부산물의 처리가 용이 • 적용범위가 크다 • 감량효과가 우수 • 국내 설치사례가 많다 • 기술적 신뢰성, 안정성이 우수 • 안정적, 위생적 처리가 가능 • 폐열의 활용이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 운영관리가 어려움 • 환경에 미치는 영향이 크다 • 환경오염방지시설이 필요 • 소각재 중 중금속 용출 영향이 크다 • 민원 야기의 우려가 있다 • 사업의 장기화가 우려 • 비교적 건설비 및 처분비 고가

1) 공정

- 슬러지 소각 공정 선정은 슬러지의 물리·화학적 특성, 건설비용, 유지관리의 난이도, 운전숙련도, 대기오염 등의 2차 환경오염문제, 소각로 설계능력, 경제성 등에 의해 결정되어야 하며, 슬러지 처리에 주로 이용되고 있는 소각로를 비교 평가한 결과임.



<그림 > 슬러지 소각 처리공정

<표 > 슬러지 소각로 비교

구 분	다단소각로	유동상소각로	Rotary Kiln
건설비	중	중	중
내구성	대	대	중
처리량 범위 (습윤, kg/hr)	50~ 6,000	50~ 6,000	100~ 3,000
소각의 용이성	용이	아주 용이	비교적 용이
승온시간	40~60min	20~40min	30~50min
공기비	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 (°C)	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
혼합 소각	가능	가능	가능

* 자료 : 환경부, 하수도 시설기준, 1998

2) 경제성

- 일반적으로 소각시설 설치비는 공급되는 슬러지 톤당 1.2억원이 소요되며 운영비용은 톤당 61,000원 정도임.
- 따라서 슬러지 소각 전용 소각시설의 설치 및 운영비가 상대적으로 고가임

3) 운영조건

- 유기성 슬러지 소각열을 경제적으로 이용하는 방법으로 감량화한 소각재는 매립하거나 시멘트 원료로 사용 가능함.

4) 환경성

- 슬러지 소각과정에서 2차 오염물질 발생 가능성에 따라 방지시설의 종류, 구성 및 용량에 주의를 기울여 적절한 방지시설을 설치하여야 함.
- 고급기술로 운영관리의 어려움이 예상됨.

4. 슬러지 응용

- 폐기물은 소각, 열분해-가스화 공정을 거치면서 유기물의 대부분은 열분해/가스화/연소되어 합성가스나 배기가스로 배출되나 바닥재 성분에서 기인한 무기물, 금속류 또는 가스화 되지 않는 물질 등은 고화상태로 그대로 잔류하게 됨. 이와 같은 고화물은 대부분 중금속을 함유하고 있어 높은 에너지를 이용하여 고온으로 가열하고 유리화시켜 재활용 또는 중금속 용출이 되지 않는 물질(slag)로 변환시킴.

1) 공정

- 슬러지 소각공정에 따라 재의 발생량과 성상이 크게 달라짐. 이러한 재의 조성은 용융에 대한 특성과 용융로의 내화물 부식에 커다란 영향을 미치고 용융로의 설계, 보수유지, 에너지 투입량에 커다란 영향을 미치므로 각각의 공법 차이는 설계 및 운전 시 중요한 인자가 됨.
- 용융 공정은 폐기물의 열적처리 공정에서 발생하는 재 성분을 처리, 처분하는 공정으로 화석연료를 이용한 방식과, 전기를 열원으로 사용하는 방식으로 나눌 수 있음.
- 용융에 필요한 에너지원은 주로 전기, 탄소류, 가스류로 구분이 되며 용융로의

특성에 따라 선정.

2) 경제성

- 일반적으로 용융시설 설치비는 공급되는 슬러지 톤당 1.5억원이 소요되며 운영 비용은 톤당 75,000원 정도임.
- 따라서 슬러지 소각 전용 용융시설의 설치 및 운영비가 가장 높은 편임

3) 운영조건

- 유기성 슬러지를 건조 분쇄한 후 용융로 상부에서 투입하여 열분해 용융 후 화학적으로 안정한 슬랙을 만듦. 생성된 슬랙은 재생 원료로 사용 가능함.

4) 환경성

- 재 성분에 포함된 다이옥신류 등의 독성물질과 중금속 등을 처리, 처분 시 용출량을 최소한으로 줄일 수 있음. 중금속 용출 면을 최소화하고, 규사(SiO_2)의 용해로 유리화된 결정체 내부에 유해한 중금속을 안전하게 봉입하여, 초고온에서 다이옥신류의 확실한 분해와 처리가 동시에 이루어 질 수 있음.
- 국내에서 상용화된 실적이 없음.

5. 슬러지 탄화

- 탄화(carbonization)는 여러 가지 유기물을 열분해(pyrolysis)시켜 다른 물질로 만드는 화학적 변화를 말하며, 유기물을 가스 배출구가 있는 용기 내에서 공기공급을 차단하고 가열하면 연소되지 않고, 각종 구성원소가 서로 결합하여 여러 가지 화합물을 만들며, 이들은 다시 결합 또는 분해에 의하여 가연성 가스로 변화되므로 포집하여 탄화작업의 열원으로 활용되고 최후에는 탄화물만 남게 됨.

1) 공정

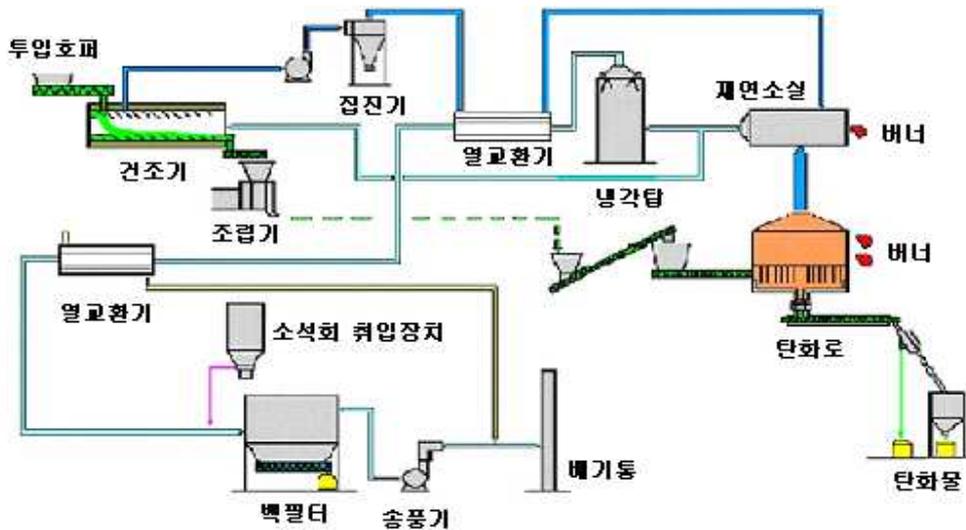
- 슬러지 탄화기술은 열원과 슬러지의 열접촉 방식에 따라 직접가열식과 간접가열식이 있으며, 탄화로 구조에 따라 스크류식, 로타리킬른식, 회전로상식 등이 있음.

<표 > 탄화로에서의 온도변화에 따른 화학반응

온도 (°C)	화 학 반 응
100~200	열적 건조, 수분 분리(물리적 분리)
250	탈산, 탈황, 결합수분 및 CO ₂ 분리, H ₂ S-화합물 분리
340	지방함유 물질 분리, 메탄 및 다른 지방물질들의 분리
380	C-함유 건류물질
400	C-O 및 C-N 결합물질의 분리
400 ~ 800	탄화물 형성
> 600	Olefin(Ethylene-) Ethylene → Butylene

(1) 직접가열 회전로상식 탄화설비

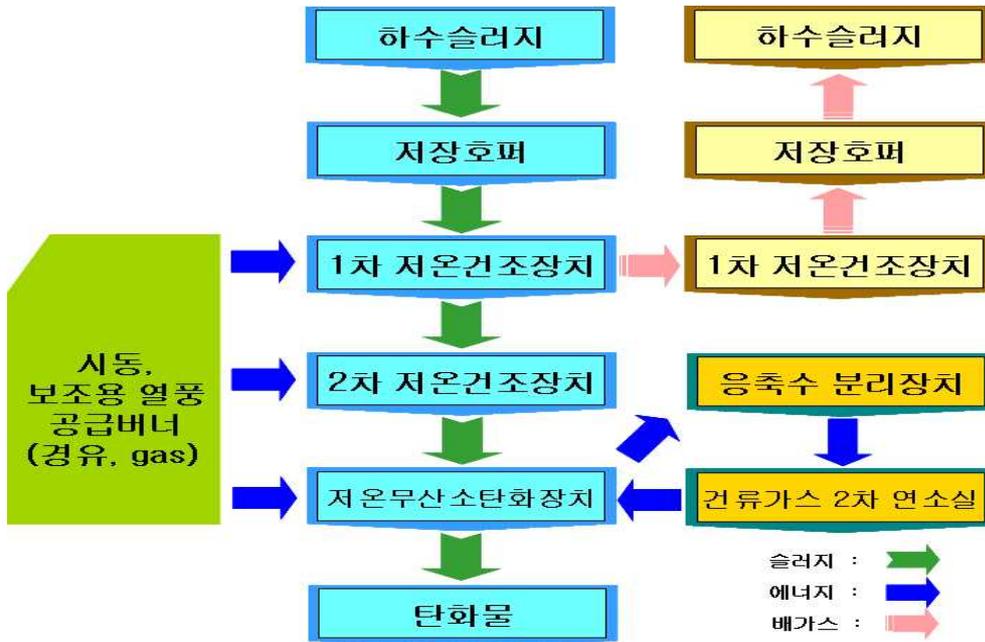
- 원통형의 입형시설로, 가열용 공기와 버너의 화염이 노 내의 연소가스와 함께 선회하면서 선회연소에 의하여 건조 탄화됨. 노 내의 온도와 건조 탄화 조건이 선회 흐름에 의하여 균일하게 조성되기 때문에 효율이 좋은 건조 탄화가 진행. 건조 슬러지는 원통 외주부에서 투입되어 교반 날개에 의하여 서서히 내부로 유도되고, 골고루 건조 탄화되며 탄화물은 중심부에서 하부로 유출. 또한 노상의 회전수를 조정함으로써 체류시간을 조정하여 슬러지 수분량의 변화에 대응할 수 있는 구조임. 탄화로에서 발생한 건조가스는 재연소실로 유도되어 850°C에서 2초 이상 체류하여 완전연소 됨.
- 직접가열 회전식 탄화설비는 간접가열 방식에 비해 설비가 간단하며, 설비비, 건축비 등 초기투자비가 저렴하고, 고효율 직화식 연소이므로 열효율이 높음. 또한, 연속운전이 기본으로 24시간 연속으로 운전하여 초기시설투자비와 유지관리비의 절감을 기대할 수 있음.



<그림 > 직접가열 회전로상식 공정흐름도

(2) 간접가열 회전로상식 탄화설비

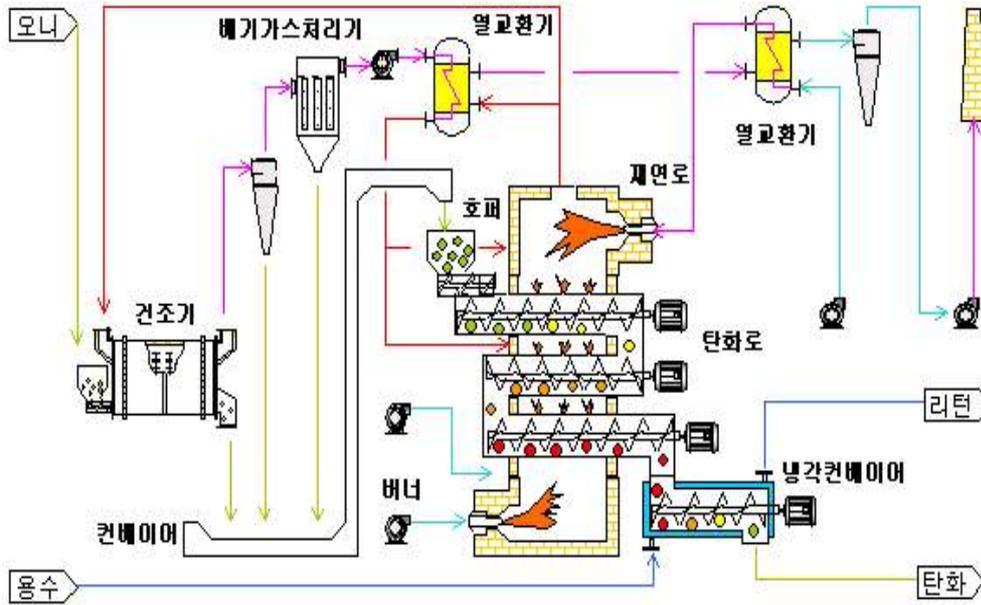
- 입형의 완전 밀폐형 구조로 외주에 600℃의 열풍이 체류하는 자켓을 설치하고 내부 중앙에 특수한 날개가 부착된 축을 설치하여 이 날개의 회전에 따라 건조 슬러지가 가열된 벽면에 원심력에 의해 접촉되어 탄화. 탄화기 내부는 무산소 상태이기 때문에 염화비닐 등을 400~450℃로 가열하여도 산화반응이 일어나지 않아 염화비닐의 염소, 벤젠 등의 결합 없이 가스화 됨. 분리가스는 연소 혹은 냉각된 후 무공해화 되어 대기 중으로 방출됨.
- 탄화물은 자동적으로 냉각기로 옮겨져 20~30분 내에 상온으로 냉각된 후 외부로 자동배출 됨. 피탄화물에서 발생하는 가스는 열풍발생기로 전해져 800℃이상에서 순간적으로 완전연소 됨. 300~600℃의 다이옥신 생성온도대를 통과하지 않기 때문에 다이옥신은 발생하지 않음. 연소가스는 노 내에서 650℃로 조정되어 탄화로의 외주 자켓으로 보내져 내부 가열원으로 유효 이용됨.



<그림 4 - 47> 간접가열 회전로상식 공정흐름도

(3) 간접가열 스크류식 탄화설비

- 건조기에서 완전 건조된 슬러지는 탄화로에 투입되어 예열관과 탄화관을 거치면서 탄화로 내부의 간접열에 의해 휘발분과 탄소분으로 분리되고 연속적으로 탄화물을 생성.
- 탄화과정에서 발생된 휘발성 건류 가스는 탄화관 상부의 가스배출구를 통해 배출되며 탄화로 내부의 분위기 온도에 의해 연소되어 탄화기의 열원으로 이용.
- 탄화로에서 배출되는 850~1,100℃의 연소가스는 건조기에 공급되는 건조용 공기를 가열하는데 사용된 후 약 500℃로 낮아진 상태로 건조기에 투입되어 건조 열원으로 이용.



<그림 > 간접가열 스크류식 공정흐름도

2) 경제성

- 일반적으로 시설 설치비는 공급되는 슬러지 톤당 0.6억원이 소요되며 운영비용은 톤당 30,000원 정도임.
- 직접가열 회전식 탄화설비는 간접가열 방식에 비해 설비가 컴팩트하며, 설비비 등 초기 투자비가 저렴하고, 고효율 直火式 연소이므로 열효율이 높음. 또한 연속운전이 기본으로 24시간 연속운전하여 초기시설투자비와 유지관리비의 절감을 기대할 수 있음.

<표 > 탄화물의 사용처

특 성	활 용 분 야
다공 흡착성	환경오염물질 흡착 및 수질 정화제 (오수정화 및 방류수 SS 제거)
미생물 활성	퇴비 발효 촉진제
토양 활성	절개지 녹화 자재
대체 연료	비닐하우스 난방용 보조 연료
흡수, 흡유성	탈수 보조제 및 폐유 흡착제(해양오염 제거제)
환 원 성	高爐還元劑 , 加炭劑 , 保溫材(제철공정)

3) 운영조건

(1) 직접가열식 탄화설비

○ 장점

- 대량처리에 적합
- 탄화로의 구조가 단순하고 기계적 구동부위가 적어 유지관리가 용이
- 설비가 컴팩트하여 설치면적이 작음
- 설비투자비 및 운영비가 저렴
- 탄화물의 체류시간이 짧음
- 탄화물 중 휘발분 함량이 적음

○ 단점

- 표면연소로 인한 다이옥신 발생 가능성

- 안정연소/건류/배출제어가 어려움
- 정지후 잔류탄화물이 발화할 염려가 있음
- 국내 설치실적 및 가동사례가 없음

(2) 간접가열식 탄화설비

○ 장점

- 건류가스 연소로 다이옥신 발생이 없음
- 건류 연소가스와 탄화로 최상부에 있는 재연소 배출가스는 각각 건류용 열원과 탈수슬러지 건조용 열원으로 효율적으로 이용
- 탄화물 제품의 온도를 계측해, 탄화로 회전수에 의한 반응속도 조절로 탄화시간 제어가 가능하여 안정된 탄화물을 생산
- 배출가스량이 적고, 건류가스 직접연소로 폭발우려가 없음
- 컨베이어 반응으로 탄화시간 제어가 용이
- 다단으로 구상되어 있어 설치면적이 적음

○ 단점

- 직화형과 비교하여 설비투자비 및 운영비가 고가
- 탄화체류시간이 상대적으로 큼

4) 환경성

- 건류가스의 완전연소로 다이옥신 발생이 없음.

Ⅲ 슬러지 발생 특성 및 자원화

1. 충청남도 슬러지 처리 현황 및 계획

- 충청남도의 하수처리시설 현황 및 이에 따른 하수슬러지 발생 및 처리 현황은 다음 표와 같음
 - 하수슬러지 발생 : 208톤/일
 - 하수슬러지 처리 : 해양투기 145톤/일(70%), 재활용 63톤/일(30%) 처리
- 하수슬러지에 대한 향후 관리계획으로 2011년 예상발생량 368톤/일에 대해 해양투기 이외의 기 처리량 63톤/일을 제외하면 충청남도 전체로 다음의 계획이 있음
 - 천안, 당진(165톤/일)은 1단계로 재활용시설을 설치
 - 2단계로 홍성 등 3개소(34톤/일)는 소각시설, 서산 등 3개소(43톤/일)는 재활용시설을 설치
 - 나머지 126톤/일은 위탁(소각 및 퇴비화) 등의 방법으로 처리할 계획임
- 이에 따라 슬러지의 해양 투기가 전면 금지되는 2011년 이후 재활용 231톤/일(63%)과 소각 137톤/일(37%)로 처리 방법이 변경될 것으로 예상됨

<표 > 충청남도의 하수슬러지 관리 현황 및 계획

시·군	하수 처리장명	시설용량 (천톤/일)	2005년 슬러지 처리현황					2011년 예상발생량	처리계획	계약사업비 (억원)
			계	해양투기	매립	소각	재활용			
	계	484.3	207.7	144.6	0.0	0.3	62.7	368	-	371
천안	천안,성환	152.4	102.6	81.9	0.0	0.0	20.7	135	탄화	181
공주	공주	30.0	12.9	7.5	0.0	0.0	5.4	19	퇴비화	32
보령	보령,대천	41.0	9.0	9.0	0.0	0.0	0.0	24	소각(위탁)	0
아산	아산	36.0	19.7	16.9	0.0	0.0	2.8	65	소각(위탁)	0
서산	서산	30.0	10.6	0.0	0.0	0.0	10.6	14	녹생토	23
논산	논산	20.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8	6	퇴비화(위탁)	0
계룡	계룡	27.0	7.6	3.7	0.0	0.0	3.8	14	소각(연계)	0
금산	금산	10.0	6.0	0.0	0.0	0.0	6.0	10	재활용(위탁)	0
연기	조치원,전의	22.0	7.9	0.0	0.0	0.0	7.9	10	녹생토	17
부여	부여	15.0	2.2	1.5	0.0	0.0	0.7	3	녹생토(위탁)	0
서천	서천,장항	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2	재활용(위탁)	0
청양	청양	3.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.7	2	녹생토(위탁)	0
홍성	홍성,광천	22.0	8.8	8.8	0.0	0.0	0.0	10	소각	17
예산	예산,덕산,삼교	25.2	4.5	4.2	0.0	0.3	0.0	16	소각	27
태안	태안,안면	10.6	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	8	소각	13
당진	당진,고대부곡,합덕	29.9	10.2	8.9	0.0	0.0	1.3	30	부숙·복토재	61

- 대부분이 해양투기되는 현실을 고려하여 해양배출기준 초과여부는 다음과 같음
- 1기준초과 : 보령(보령), 보령(대천), 아산(아산), 계룡(계룡), 부여(부여), 당진(당진, 고대부곡)
- 2기준초과 : 천안(천안), 공주(공주), 보령(대천), 서산(서산), 논산(논산)

<표> 슬러지 처리 해양배출 기준 (단위: mg/kg)

구 분	구리	카드뮴	수은	비소	유분
제1기준	2,000	20	5	145	10,000
제2기준	400	4	1	29	2,000

토양우려기준	200	12	16	20	BTEX80 TPH2,000
토양대책기준	500	30	40	50	BTEX200 TPH5,000

<표 > 슬러지 처리시설 확충계획

구분	개소수	계획량 (톤/일)	총사업비 (억원)	1단계('06~'08)	2단계('08~'11)
계	8	242	371	165톤(242억원)	80톤(129억원)
소각시설	3	34	57	-	34톤(57억원) - 홍성, 예산, 태안
재활용시설	5	208	314	165톤(242억원) - 천안, 당진	43톤(72억원) - 서산, 공주, 연기

2. 논산시 슬러지 발생 특성

- 2001년 이후 논산시에서 운영중인 환경기초시설에서 발생하는 슬러지 현황은 다음과 같음

<표 > 논산시 슬러지 발생량 현황 (단위 : 톤/년)

구분 \ 년도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	평균
축산	3,099.0	2,307.0	4,662.3	5,721.1	4,417.9	3,513.6	3,953.48
분뇨	291.0	901.7	1,803.8	1,656.8	1,245.1	1,343.4	1,206.97
하수	-	-	-	-	1,022.0	1,234.8	1,128.40
합계	3,390	3,208.7	6,466.1	7,377.9	6,685.0	6,091.8	6,288.85

자료 : 논산시, 시설운영 행정자료, 2007

- 하수처리시설이 본격적으로 가동된 2005년 이후의 일평균 발생량은 16.7~18.3톤/일(평균 17.2톤/일)이며, 향후 2020년까지 연무, 연산하수처리시설의 가동과 하수처리용량의 증설 가능성을 대비하여 자원화 시설 용량은 25~30톤/일로 고려하는 것이 타당함.
- 각 슬러지의 발생 비율은 축산 55%, 분뇨 23%, 하수 22% 정도의 비율로 구성되며, 각각의 대략 유기물 함량은 축산 66%, 분뇨 60%, 하수 10%로 평균 45% 정도를 차지함.

3. 논산시 슬러지 자원화 방안

- 슬러지 자원화 시설설치를 위해서 논산시 관내에서 발생하는 슬러지의 발생추세, 특성, 경제성, 제도의 변화 등을 고려하여 판단.
- 장차 하수처리시설 증설 등 환경기초시설의 완비에 따라 슬러지 발생량이 늘어날 것으로 전망하여 시설 규모는 25~30톤/일 규모로 고려하고, 유기물 함량이 높은 축분 슬러지가 주종임을 감안하여 유기물 회수, 有價物 회수의 경제성을 반영하도록 함.
- 이에 따라 슬러지처리의 경제성을 고려하면 개별처리시설에서 소각을 통한 열에너지 회수는 규모의 경제에 미흡한 것으로 판단되어 유가물을 생산할 수 있는 퇴비화, 탄화를 고려.
- 슬러지 퇴비화는 운영비용은 낮으나 시설설치비가 높고, 생산된 제품의 비료규격 등이 엄격히 적용되는 제도적 한계를 고려하여 슬러지 탄화 공정을 추천.
- 슬러지 탄화를 위한 설치 대안은 다음 사항을 고려하여 선정토록 함.

<표 > 논산시 슬러지 탄화시설 설치 방안

대안 \ 항목	방법	내용	비고	장·단점
1안	민간투자사업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄화기술을 가진 업체가 시설을 설치하고 성능을 확인한 후 논산시에서 설치 업체에 위탁처리 하는 방안 ○ 재정 부담을 줄이기 위해 시설에 대해 민자유치 방안적용. 건설-운영-양도(BOT), 건설-양도-운영(BTO), 건설-양도-임대(BTL) 운영방식 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논산시 : 유기성 슬러지를 민간업체에 위탁처리 ○ 시설운영 : 설치업체 	초기 투자비 적음. 장기 위탁으로 경상비 부담
2-1안	환경시설증화사업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경부 환경기초시설 연구실증화 사업의 적용(사업 성공불제도) ○ 논산시에서 부지제공 및 시설비 일부 부담 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논산시 : 공인기관의 시설검증 후 일부 부담으로 시설 인수 운영 ○ 시설운영 : 논산시 	사업 성공불의 제도 적용. 예산의 증가 가능성
2-2안	환경시설증화사업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경부 환경기초시설 연구실증화 사업의 적용(사업 성공불제도) ○ 논산시에서 부지제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논산시 : 정부지원금일부와 업체개발비 포함 인수후 20년 운영비에 분할 상환 ○ 시설운영 : 설치업체 	사업 성공불의 제도 적용. 예산의 증가 가능성으로 업체 선정과 정산 필요
3안	지자체 투자사업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논산시에서 자원화시설 설치 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논산시 : 설치비 자체 예산 및 국비 투입 	시설비 등 자체 예산 부담 필요

IV 결론 및 제언

슬러지의 해양투기 규제강화 등에 능동적으로 대처하고 환경적으로 안전한 도시 만들기가 필요한 상황임. 이에 따라 논산시에서 발생하는 하수·분뇨·축산폐수 슬러지의 발생량과 유기물 함량 등의 성상 특성을 고려하여 슬러지 자원화 시설 설치에 필요한 대안을 다음과 같이 검토하였음.

1. 결론

첫째, 논산시 슬러지는 축산폐수·분뇨 슬러지가 주종이며 유기물 함량이 높으므로 이러한 성상을 고려하여 시설계획을 수립하도록 함

- 각 슬러지의 발생 비율은 축산 55%, 분뇨 23%, 하수 22% 정도의 비율로 구성되며, 각각의 대략 유기물 함량은 축산 66%, 분뇨 60%, 하수 10%로 평균 45% 정도를 차지함.

둘째, 이러한 성상을 고려하여 축분·분뇨·하수 슬러지를 혼합하여 탄화로 유기자원을 회수방안이 바람직함

- 탄화는 건류가스의 완전연소로 다이옥신 발생이 없어 환경적으로 안정하고, 시설비와 운영비가 상대적으로 낮으며 유기물 생산으로 경제성이 있음.

셋째, 장차 발생 전망을 고려하여 시설 규모는 25~30톤/일 규모로 설정

- 2020년까지 논산시의 지속가능한 발전을 고려하여 하수처리시설 등 환경기초시설의 증설을 반영하고, 유기성 슬러지를 종합적으로 처리 자원화 할 수 있도록 시설 규모 설정

2. 제언

첫째, 2011년 이후 슬러지의 해양투기 금지 조치에 대해 사전대비가 필요

- 현재 대부분의 슬러지 처리가 위탁업체에 의해 해양투기로 최종처분되고 있는 현실에서 국제 규제강화에 대비한 자원화 방안 등의 정책 반영

둘째, 슬러지 탄화사업에 대해 구체적인 재정보호 및 예산절감 방안 검토 필요

- 제안된 슬러지 탄화사업은 논산시의 재정규모를 감안할 때 초기투자비가 크므로 다양한 재정보호 대안 검토 필요
- 사업 시행 시 민간투자사업, 환경시설 실증화사업, 지자체 투자사업 등에 대한 예산절감 방안 비교분석 필요

셋째, 엄격한 시설관리 수준의 유지

- 시설운영 및 환경안전성에 대한 검증을 통해 엄격한 시설관리 수준 유지