제 출 문

경남지역환경기술개발센터장 귀하

본 보고서를 ‘하수슬러지 펠렛화 및 생활폐기물 혼합소각 기술개발 상용화’에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 창원대학교

연구책임자 : 배성근 교수(창원대학교 환경공학과)

연 구 원 : 이호수, 김광수, 정재호, 윤성렬

공동연구기관명 : 한라산업개발 주식회사 창원지점

요 약 문

Ⅰ. 제 목

하수슬러지 펠렛화 및 생활폐기물 혼합소각 기술개발 상용화

Ⅱ. 연구의 목적 및 필요성

2001년말 현재 국내에는 183개소의 하수처리장이 가동되고 있고 하수슬러지 발생량은 습량기준으로 5,216톤/일이 발생되며, 그 중 73.22%가 해양투기, 12.3%가 매립, 7.5%가 소각, 7.0%가 재이용되고 있는 실정이다. 산업발달과 인구증가 및 생활수준의 향상에 따라 하수 발생량이 증가함으로써 하수처리시설의 보급율은 계속적으로 증가될 것으로 예상되고, 2005년까지 국내하수종말처리시설은 262개소로 계획되고 있으며 그에 따라 하수슬러지 발생량은 매년 증가할 것으로 예측된다. 지금까지 매립과 해양투기가 하수슬러지의 일반적인 처리방법으로 많이 사용되어 왔지만 런던조약 등의 국제법 준수와 국내 폐기물관리법의 개정에 따라 이 들 방법의 적용은 점차 곤란하여지게 될 것이고, 적정한 처리방법의 강구가 시급한 실정이다.

국내에는 현재 슬러지의 적정처리방법 중의 하나로써 소각처리에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며 생활폐기물과의 혼합소각도 증가하고 있는 추세이다. 해운대 신도시 및 김해에서는 스토커 소각로, 영종도 인천국제공항에서는 유동층 소각로를 이용하여 현재 도시쓰레기와 하수슬러지를 혼합소각하고 있다. 자체적으로 처리하기에는 비용경제적으로 하수슬러지의 발생량이 적은 중소도시에서는 생활폐기물과 하수슬러지의 혼합소각을 고려하고 있는 곳이 증가하고 있고, 현재 경남지역의 밀양시 및 진해시 등에서도 생활폐기물과 하수슬러지와의 혼합소각처리를 계획하고 있다.

하수슬러지는 유입수의 특성(합류식·분류식, 분뇨혼합처리 등) 및 소화조의 가동 유무에 따라 건량기준 고위발열량이 2,000 4,500kcal/kg이 되지만, 높은 함수율로 인해 탈수슬러지의 저위발열량은 100 300kcal/kg에 지나지 않아서 보조연료 없이 자체적으로 소각하는 것은 곤란하므로 소각처리시 건조과정 및 이에 대응하는 대체 방안이 마련되어야 한다.

생활폐기물과 하수슬러지 발생율에 따른 혼합소각율은 지방자치단체에 따라 10 30%가 되지만, 현재 가동되고 있는 스토카 소각로에서의 혼합소각율은 5 10%가 되므로 발생하는 하수슬러지의 전량처리가 곤란한 실정이다. 따라서 하수슬러지의 혼합소각율을 제고시키는 방안이 마련되어야 하지만, 슬러지의 원활한 공급, 소각로내의 안정적인 연소상태 유지 및 다량의 낙진과 비산재 발생저감 등 기술적인 부분에 대한 충분한 검토가 필요하다.

이에 대한 기술적 해결방안으로써 하수슬러지의 펠렛화에 의한 혼합소각처리를 들 수가 있다. 이전의 연구에서 슬러지의 소각시 보조연료로써 필요하게 되는 경유 또는 LNG 등의 대체연료로써 일반가정 및 사업장에서 배출되는 나무, 종이, 플라스틱 등의 일반폐기물을 사용하여 슬러지와의 혼합 펠렛을 제조한 후 혼합소각처리하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 그러나, 그 연구는 슬러지를 주체로 하는 소각로(유동층 소각로)에서 보조연료로써 일반폐기물의 적용을 위한 혼합소각에 대한 것으로서 도시쓰레기를 주체로 하는 소각로, 특히 스토카 소각로에서의 하수슬러지 혼합소각율을 제고하기 위한 연구는 수행된 바가 없다.

따라서, 본 연구에서는 하수슬러지의 펠렛화에 따른 각종 연료 특성을 실험 분석하여 생활폐기물과 하수슬러지의 원활하고 안정적인 혼합소각을 위한 하수슬러지의 펠렛 제조 및 혼합소각기술을 검토하여, 도시쓰레기 소각로 내에서의 하수슬러지 혼합소각율을 향상시킬 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

본 연구의 최종목표는 생활폐기물과 하수슬러지의 원활하고 안정적인 혼합소각을 위한 하수슬러지의 펠렛 제조 및 혼합소각기술 개발 상용화로서, 3차년도 총 2년간(2002. 2 2004. 1)에 걸쳐서 수행하는 것으로 계획되어 있으며, 연차별 주요 연구내용 및 범위는 <표 1>과 같다.

<표 1> 연차별 연구내용 및 범위

년 도	주요 사업내용 및 범위	제품의 목표, 사양, 성능 등
1 차 년 도 (2002. 2 -2002. 7)	⇒국내외 자료수집 및 현황조사 ⇒하수슬러지 조성 및 열적 특성 파악 ⇒펠렛화 장치설계 및 제작 ⇒슬러지의 적정 함수율 및 혼합비율 산정 ⇒슬러지 전처리 및 혼합공정 요소기술	⇒20kg/hr장치 제작
2 차 년 도 (2002. 8 -2003. 1)	⇒고정스토카로를 이용한 연소실험 ⇒유동층소각로를 이용한 연소실험 ⇒소각 및 후처리공정 요소기술 ⇒최적 혼합소각시스템 선정	⇒1kg 소각로 제작 ⇒1kg/hr 장치 (기소유)
3 차 년 도 (2003. 2 -2004. 1)	⇒대형 슬러지 펠렛화 장치 설계 및 제작 ⇒실제 도시생활폐기물 소각장 현장적용 ⇒신기술 신청 및 확보	⇒300kg/hr 펠렛화장치 ⇒50 200톤/일 소각로

당해 연도(1⇒2차년도)의 연구목표는 하수슬러지와 생활폐기물의 혼합소각시 로내 원활한 연소 및 슬러지의 안정적인 공급을 위한 슬러지의 전처리 및 혼합공정 요소기술 확보와 소각 및 후처리공정 요소기술 확보에 따른 최적 혼합소각시스템을 구성하는 것으로서 당해 연도 연구내용 및 범위는 <표 2>와 같다.

<표 2> 당해연도(1⁄2차년도) 연구내용 및 범위

항 목	연구 내용 및 범위 (당초)	기업체 협의 (변경)
자 료 수 집 현 황 조 사	-국내 하수슬러지 발생 및 처리 현황 조사 -국내 하수슬러지의 조성/열적 특성자료 조사 -혼합소각 현장조사(부산, 김해, 인천공항 등)	
하수슬러지의 조성 및 열적 특 성 파 악	-실험대상 하수슬러지 선정 및 열적특성 분석 ?계절에 따른 영향 (봄, 여름, 겨울) ?잠성분, 발열량, 원소분석, 중금속 분석 등	
하수슬러지와 생활폐기물의 적정혼합비율 산 정 실 험	-하수슬러지와 생활폐기물(나무)과의 저위발열량에 따른 적정혼합비 산정 ?슬러지 종류 (잉여, 소화 및 혼합슬러지) ?슬러지 함수율 (펠렛의 적정 수분함량) ?생활폐기물(나무류) 혼합비	?이전 연구결과로 대체하고 본 연구의 목표와는 관계가 없으므로 생략하기로 함
펠렛화 장치 설계 및 제작	-장치 (20 kg/hr)의 구성 ?혼합부 (하수슬러지와 생활폐기물 혼합부) ?가열 및 건조부 ?성형부 (10-50㎜)	?실제 적용 위해 500kg/hr 장치를 제작하였음 ?펠렛 수송을 위해 성형부 노즐을 8㎜로 요구함
펠 렛 특 성 파 악 실 험	-물리적인 특성 분석 ?일축압축강도 측정, 수분흡수도, 해체도 등 -열적 특성 분석 ?잠성분, 발열량, 원소, 중금속, TG분석	
연소실험 및 후처리 공정 요 소 기 술 선 정	-고정스토카 소각로 제작 및 연소실험 ?1kg용 간이 소각로 제작 ?시료별(펠렛 크기, 함수율 등) 실험 (온도분포, 대기오염물질 발생특성 등) -유동층 소각로 연소실험 ?기존 확보된 1kg/hr 장치 사용 ?시료별 연소실험 (온도, 오염물질 발생특성, 물질수지 등) -후처리공정 요소기술 선정 및 검토	?유동층 연소실험은 본 연구의 목표와 관계가 없으므로 생략하기로 함 ?펠렛의 Pneumatic수송을 위한 기초실험을 추가하기로 함
최적혼합소각 시스템 선정	-슬러지 전처리/혼합공정 요소기술 및 소각/후처리공정 요소기술의 확보에 따른 열정산 및 물질수지 계산 및 시스템 구축	

Ⅳ. 연구결과

하수슬러지 펠렛화 및 생활폐기물 혼합소각 기술개발 상용화에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 입경 8mm의 펠렛을 대상으로 펠렛 제조실험을 한 결과 건조방식 SD(자체건조)의 제조속도가 670 750kg/hr로 SM(완전건조+생슬러지), SC(완전건조후 분쇄+생슬러지)에 비해 효율이 좋다는 것을 알 수 있었다. 그러나, SM 방식의 경우 함수율 20 30% 사이에서는 SD방식과 크게 제조효율의 차이가 나지 않았으며, 건조방법에 있어서 SD에 비해 편리한 점이 있으므로 실제 적용시에는 현장의 상황을 고려하여 보다 적합한 방식을 선택하는 것이 유리할 것이다.

2. 펠렛의 수송 및 저장 등으로 인한 외형의 변화를 관찰하기 위해 실시한 일축압축강도 실험에서는 함수율이 낮아질수록 일축압축강도가 크게 증가하여 함수율 30% 부터는 상당히 큰 약 6kg/㎠ 이상의 상당히 큰 강도를 가지는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 하수슬러지 펠렛 제조시 적정 함수율은 20 40%로 나타났지만, 수송 및 공급 등을 고려할 경우 20 30%의 함수율이 바람직할 것으로 보여진다.

3. 쓰레기 저장 피트나 호퍼에 쓰레기 투입시 발생가능한 수분흡수 및 해체도를 알아본 결과 SD의 방식으로 제조한 펠렛의 경우 장시간의 방치에도 흡수율 및 해체율은 크게 변하지 않는 것으로 나타났다. 그러나, 함수율 40%와 30%의 펠렛에서 10분, 25분 정도 경과한 후 발열량이 약 1,000kcal/kg 이하로 낮아지는 경향을 보이고 있었으므로, 보다 효율적인 연소를 위해서 펠렛을 쓰레기 저장 피트에 저장한 후 처리하는 것보다는 pneumatic 수송이나 벨트콘베어 수송 등을 이용하여 소각로 내에 직접 투입하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

4. 펠렛 소각실험결과

<표 3> 펠렛 소각실험 결과 -1

인자	수준	실험 결과 및 고찰		
함수율	20% 30% 40%	낙진과 비산재		상관성 찾기 곤란
		소각재	발생량	클수록 감소
			강열감량	클수록 감소
		배가스	CO	상관성 찾기 곤란
			NO_X	상관성 찾기 곤란
			SO2	클수록 감소
		Temperature Profile		클수록 감소
혼합율	10% 20% 30%	낙진과 비산재		상관성 찾기 곤란
		소각재	발생량	클수록 증가
			강열감량	클수록 증가
		배가스	CO	상관성 찾기 곤란
			NO_X	상관성 찾기 곤란
			SO2	클수록 증가
		Temperature Profile		상관성 찾기 곤란

<표 4> 펠렛 소각실험 결과 -2

인자	수준	실험 결과 및 고찰		
직경	8mm 16mm	낙진과 비산재		상관성 찾기 곤란.
		소각재	발생량	상관성 찾기 곤란
			강열감량	상관성 찾기 곤란
		배가스	CO	클수록 감소
			NO_X	상관성 찾기 곤란
			SO_2	클수록 감소
		Temperature Profile		클수록 증가
혼합 유무	단독, 혼합	낙진과 비산재		MSW단독<혼합
		소각재	발생량	MSW단독<혼합
			강열감량	MSW단독<혼합
		배가스	CO	MSW단독<혼합
			NO_X	MSW단독<혼합
			SO_2	MSW단독<혼합
		Temperature Profile		MSW단독<혼합

5. 이상의 결론에서 하수슬러지 펠렛의 가장 적합한 직경과 함수율은 8mm, 20 30%이며, 생활쓰레기와 혼합 소각시 혼합율 30%까지 적정연소가 가능한 것으로 나타났다.

Ⅴ. 연구결과의 활용계획

하수슬러지 펠렛화 및 생활폐기물 혼합소각 기술개발을 위해 당해연도에 하수슬러지를 펠렛으로 조제한 후 발생할 수 있는 물리적·열적 특성 변화, 수송 및 저장 특성, 연소특성을 실험실 규모의 장치 등을 통해 살펴보았으며, 2003년 3차년도 과제를 통해 pilot-plant 및 실제현장적용 실험을 행하여 본 실험에서 얻어진 결과들의 타당성을 확인할 예정이다.

또한 실제 높이의 pneumatic 수송관을 이용하여 펠렛의 수송에 필요한 여러 가지 인자들을 산출할 예정이며 이에 따른 환경신기술지정 신청을 할 예정이다.