

하수슬러지와 가연성폐기물의 연료특성에 관한 연구

배성근, ○강봉주, 이상보, 이재정, 장세경, 박영수, 박준하, 김경구
창원대학교 환경공학과

I. 서론

슬러지 케익의 최종처분은 98년 말 매립이 56%, 해양투기가 39%로 전체 슬러지 발생량의 95%를 매립과 해양투기를 하고 있는 실정이다. 또한 최근 개정된 법에서는 2001년 이후에는 수질환경보전법 제 25조의 규정에 의한 폐수종말처리시설 및 하수도법 제2조의 규정에 의한 하수종말처리시설과 1일 폐수배출량 2,000m³ 이상인 배출업소의 유기성 슬러지는 바로 매립하여서는 아니되며, 소각하거나 시멘트·합성고분자화합물의 이용 기타 이와 유사한 방법으로 고형화처리 하거나 생물학적 처리방법으로 처리하여 퇴비로 사용하거나 환경부장관이 정하여 고시하는 용도 및 방법에 따라 매립시설 복토용 또는 토지개량제 등으로 사용하도록 되어 있다[1].

슬러지의 경우 건량기준 고위발열량이 약 2,500kcal/kg이지만 높은 함수율을 지니고 있기 때문에 저위발열량은 100~300kcal/kg로 상당히 낮다.

또한 저위발열량이 낮은 물질을 보조연료 없이 연소시키기에 가장 적합한 것으로 알려져 있는 유동층 소각로일 경우에는 700kcal/kg이상이 되어야 한다고 알려져 있다[2].

따라서, 본 실험은 탈수된 잉여슬러지, 소화슬러지, 혼합슬러지를 이용하여 발열량이 높은 일반폐기물 중 나무, 종이, 플라스틱등과 혼합하여 최적의 혼합비를 산출함과 동시에 혼합폐기물에 대한 건조 및 생시료의 일축압축강도를 측정하였으며, Cold Mode 유동층 실험장치를 통하여 혼합폐기물의 해체정도를 파악하여, 슬러지와 일반폐기물의 혼합소각을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 실험방법

2.1 시 료

본 실험에 사용된 시료는 표준활성슬러지법으로 하수처리장 중 하수처리장을 대상으로 잉여슬러지가 배출되는 사업소 중 2곳(경기도 B, 부산광역시 H하수처리장), 소화슬러지의 경우는 9곳의 배출사업소 중 2곳(진주시 J, 부산광역시 S하수처리장)을 사용하였고, 혼합슬러지의 경우는 1곳(김해시 HM 하수처리장)을 실험에 사용하였다. 또한 도시쓰레기는 직접 채취법에 따라 채취한 C시 단독 주택지역, 공동지역, 상공업 지역쓰레기를 종이류, 플라스틱과 제재소에서 채취한 톱밥을 물리 조성별로 구분하여 1mm이하로 분쇄한 것을 사용하였다.

2.2 실험방법

잉여, 소화, 혼합슬러지가 배출되는 5곳의 하수처리장에서 채취한 탈수케익과 도시쓰레기를 혼합공식을 이용하여 저위발열량 700, 1,200, 1,700, 2,200kcal/kg을 기준으로 하여 혼합하여 PARR 2811 Pellet Press로 직경 : 길이 (1:1)로 공시체를 조제하였다. 조제한 시료는 건조

[연락처] (우)641-773 창원시 사림동 9번지 창원대학교 환경공학과, 배성근

Tel : 055-279-7563, Fax : 055-281-3011, E-mail : bsk@sarim.changwon.ac.kr

전·후의 무게차를 이용해 수분을 측정하고, 고온 전기로(Muffle Furnace, KM-280)를 이용해 가연분, 회분을 측정하였다. 또한 열량계(Oxygen Bomb Calorimeter, PARR 1261)에서 2회이상 산소로 연소시켜 가연성 물질의 고위발열량을 측정한 후, 수분과 원소 분석치를 고려하여 각 시료의 건기준 및 습기준 평균 저위발열량을 구하였다.

혼합폐기물의 압축강도는 100kg Load Cell이 부착된 DONG·AH Testing Machine (Unconfined Compression Tester DA-457)을 사용하여 분석하였다.

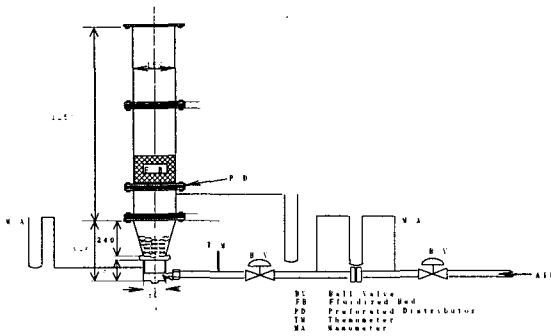


Fig. 1 Schematic diagram of Cold bed reactor

본 실험에 사용된 유동화 실험장치를 Fig. 1에 나타내었다.

실험에 사용된 유동매체로 대표직경 0.55mm, 밀도 2,640kg/m³의 규사, 1,500g을 충전하여 사용하였다. 다공판의 경우 Orifice 직경 1mm, 개구비가 0.014인 것을 사용하였고, 초기유동화 개시속도 $U_{mf}=16.7\text{cm/s}$ 이었으며, 시료는 $U_o/U_{mf}=3$ 인 지점인 상태에서 투입하여 해체정도를 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 발열량 분석

Table 1은 실험에 사용된 각 일반폐기물과 하수슬러지의 저위발열량 분석결과를 나타낸 것이다. 일반폐기물의 경우 대략 3,600~7,800kcal/kg으로 높은 저위발열량을 가지고 있었고, 슬러지의 경우에는 0~280kcal/kg 정도로 아주 낮게 나타났다.

Table 1. Low Heating Value of Munciple Solid Waste and sewage sludge

Sample	MSW			Residual sludge		Digestive sludge		Mixed sludge
	Wood	Paper	Plastic	H	B	J	S	HM
LHV (kcal/kg)	4,039	3,634	7,873	124	197	282	-20	174

Table 2. Heating Value and Proximate analysis of Mixed Waste

MSW	Expected LHV (kcal/kg)	Proximate analysis (%)						Heating Value (kcal/kg)	
		Moisture		Combustible		Ash		HHV	LHV
		*E.V	**Ex.V	*E.V	**Ex.V	*E.V	**Ex.V		
Paper	700	72.2	55.6	87.4	87.3	12.6	12.7	4,372	710
	700	86.4	74.7	13.6	83.0	13.6	17.0	6,118	744
Plastic	1200	87.1	69.1	12.9	84.5	12.9	15.5	6,644	1,232
	1700	87.9	62.5	12.1	86.2	12.1	13.8	7,000	1,725
	2200	88.6	57.5	11.4	86.2	11.4	13.8	7,164	2,184
Wood	700	73.3	70.4	87.7	89.1	12.3	10.9	4,447	678
	1200	62.6	60.0	89.5	93.0	10.5	7.0	4,577	1,229
	1700	52.1	49.3	91.3	95.3	8.7	4.7	4,811	1,852
	2200	41.4	38.5	93.1	96.7	6.9	3.3	4,705	2,328

*E.V : Expected Value

**Ex.V : Experiment Value

Table 2.는 잉여슬러지와 일반폐기물과의 혼합폐기물의 삼성분 및 건,습량기준 저위발열량 분석결과를 나타낸 것이다. H 하수처리장의 슬러지와 일반폐기물과의 혼합폐기물의 예상저위발열량과 실험에 의한 저위발열량과 많은 값의 차이를 보이고 있지 않기 때문에 혼합이 비교적 잘 되고 있음을 알 수 있었다.

저위발열량이 높을수록 일반폐기물의 시료양이 증가하기 때문에 혼합시간 또한 증가하는 경향을 보이고 있었다. 톱밥과 플라스틱의 경우에는 혼합비율이 증가하더라도 약 3~5분정도면 완전히 혼합이 가능한 반면, 종이의 경우에는 충분한 혼합이 이루어지기까지는 10분 이상의 시간이 소요되었다. 종이의 경우 저위발열량 1,200, 1,700, 2,200kcal/kg이 증가할수록 혼합이 어려워지기 때문에 조제가 불가능하였다.

3.2 압축강도

혼합폐기물 중 H 하수처리장의 슬러지와 나무, 플라스틱을 섞은 혼합폐기물을 건조시킨 후의 압축강도를 측정된 것을 Fig 2, 3에 나타내었다.

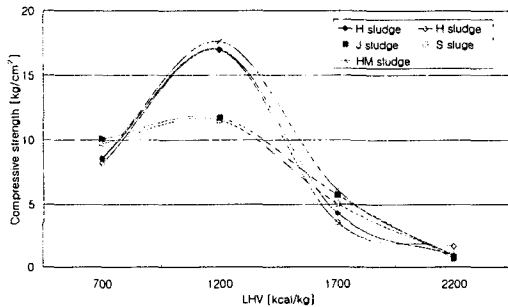


Fig. 2 The compressive strength of Mixed Waste (Wood + Sludge)

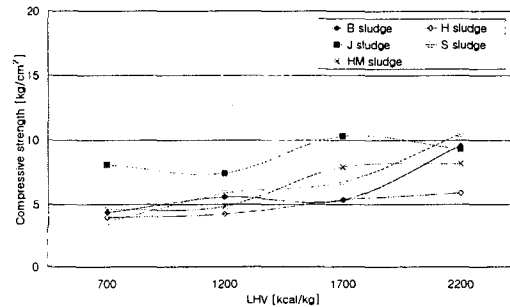


Fig. 3 The compressive strength of Mixed Waste (Plastic + Sludge)

Fig. 2에서 나무와 조제한 혼합폐기물의 경우 저위발열량이 1,200kcal/kg인 혼합폐기물의 압축강도가 가장 높게 나타났다. 또한 잉여슬러지 및 혼합슬러지로 조제한 시료의 경우 약 17kg/cm² 나타났고, 소화슬러지로 조제한 시료는 12kg/cm²로 소화를 시킨 경우와 무소화 상태의 슬러지의 차이를 볼 수가 있었다. 저위발열량이 높은 시료일수록 압축강도는 작아짐을 알 수 있다.

Fig. 3에서 플라스틱과 조제한 혼합폐기물의 경우는 저위발열량이 증가함에 따라서 압축강도 또한 증가하는 경향이 있어, 나무로 조제한 경우와는 반대의 경향이 나타났다. 저위발열량이 2,200kcal/kg인 경우 압축강도 10kg/cm²정도를 보이고 있다. 건조전의 시료의 압축강도는 시료 자체의 크기와 너무 무른 성질 때문에 압축강도계에 표시가 되지 않아서 측정이 불가능하였다.

3.3 유동화 실험

H하수처리장의 생시료를 예상저위발열량(700, 1,200, 1,700, 2,200kcal/kg)에 따라 플라스틱과 나무와 섞어 조제한 혼합폐기물의 유동층 실험결과를 Fig 4. 5에 나타내었다.

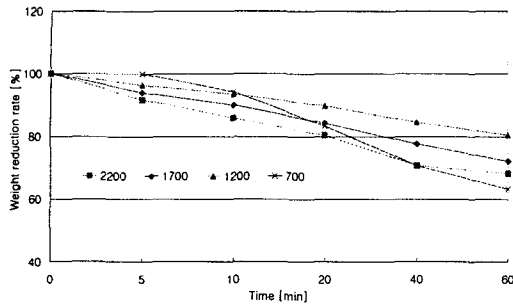


Fig. 4 Fluidization curve of mixed waste (Wood + Sludge)

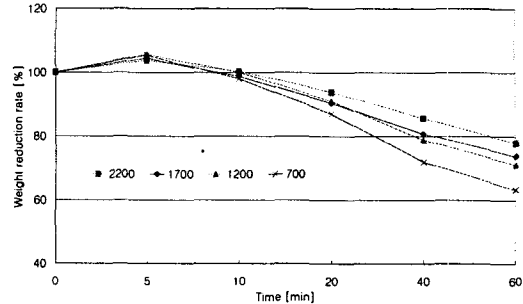


Fig. 5 Fluidization curve of mixed waste (Plastic + Sludge)

나무와의 혼합폐기물의 경우는 압축강도가 가장 큰 1,200kcal/kg의 경우가 1시간 후의 중량 변화율의 60%로 가장 적게 변화였고, 플라스틱의 혼합폐기물의 경우도 압축강도가 큰 2,200 kcal/kg의 경우가 중량변화율이 가장 적음을 알 수 있었다.

IV. 결론

도시쓰레기와 하수슬러지(잉여, 소화, 혼합슬러지)를 섞어서 조제한 혼합폐기물의 분석결과를 아래와 같다.

- 1) 잉여, 소화, 혼합슬러지와 일반폐기물(톱밥, 플라스틱, 종이)로 조제한 혼합폐기물의 열적 특성 분석결과 일반폐기물의 혼합비가 증가하면 할수록 저위발열량도 증가하는 경향을 보이고 있고, 혼합에 필요한 시간도 증가함을 알 수 있었다.
- 2) 나무로 조제한 혼합시료의 경우 저위발열량 1,200kcal/kg, 플라스틱으로 조제한 혼합시료의 경우는 저위발열량 2,200kcal/kg을 기준으로 조제한 혼합폐기물의 경우가 해체가 가장 적게 일어남을 알 수 있었다.
- 3) 저위발열량이 높을수록 나무를 섞어 조제한 시료는 압축강도는 작아짐을 알 수 있고, 플라스틱의 경우 저위발열량이 증가함에 따라 압축강도도 증가하는 경향이 나타났다.
- 4) 슬러지의 종류(잉여, 소화, 혼합슬러지)에 따른 해체의 정도는 나무로 조제한 잉여슬러지의 경우 약 80%, 소화, 혼합슬러지의 경우 약 63%로 나타났고, 플라스틱으로 조제한 잉여슬러지의 경우 약 80%, 소화, 혼합슬러지의 경우 약 68%로 잉여슬러지와 소화, 혼합슬러지는 약간의 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다.

V.참 고 문 헌

- 1) 권기홍, "슬러지 관리와 재활용 기술 동향", 한국폐기물학회 대구·경북지역회 추계산학협동 학술심포지엄, pp.62-63(1999)
- 2) 배성근, "슬러지 건조·소각·재활용기술 Symposium", 한국폐기물학회 대전·충청지역회, pp.151-152, (2000)