



강원도 영서지역 생활폐기물 및 슬러지의 물리·화학적 특성에 관한 연구

이견주

상지대학교 환경공학과 교수

(2004년 10월 10일 접수, 2004년 11월 26일 채택)

The Physico chemical Characteristic of MSW and sludge in west area of Kangwondo

Geon-Joo Lee

Department of Environmental Engineering, Sangji Univ.

ABSTRACT

In this study, the physico chemical characteristic of MSW and sludge in west area of Kangwondo was investigated for database, managing the waste and waste treatment facility. The sampling sites were selected as 6 different MSW generation area and 2 sludge generation area. it is necessary to measure the characteristics of MSW to build the data-base. The year of 2000, 197.4ton/day of MSW which was generated in this area. This MSW was composed of 26.6% food wastes, 24.2% of papers, 22.8% of plastics & vinyls, 9.6% of textiles, 3.80% of wood, 2.8% of rubbers & leathers and others, respectively. Most of MSW are composed of food, paper and plastic waste and combustible waste is more than 89%. The generation of papers and vinyls are almost same for different seasons

For 3-components of MSW, moisture is 40.2%, combustible component is 52.1% and ash is 7.7% and for 3-components of sludge, moisture is 83.3%, combustible component is 7.7% and ash is 9%. The chemical element has the high order of carbon(51.6%), oxygen(38.6%), hydrogen(7%) on the dry basis of wastes. And the high heating value of MSW is 4989.4 Kcal/kg sludge is 4428.04 Kcal/kg and low heating value of the MSW which is measured by calorimeter is 2032.88kcal/kg. From the leaching test of wastes, there is no heavy metals.

Keywords : Physico Chemical Characteristic, MSW, Kangwondo

초 록

본 연구에서는 강원 영서지역의 도시쓰레기와 슬러지의 물리 화학적 특성을 조사 연구 하였다. 도시 쓰레

와 슬러지는 각각 6곳, 2곳에서 샘플을 수거 분석하였다. 이 지역에서 2000년도에는 하루 197.4 톤의 폐기물이 발생하였다. 폐기물의 성분은 음식물 26.6%, 종이류 24.2%, 플라스틱 비닐류 22.8%, 섬유류 9.6%, 목재류 3.8%, 고무류 2.8% 등으로 이루어져 있다. 도시쓰레기의 3성분은 수분 40.2%, 가연분 52.1%, 불연분 7.7%이며 슬러지 3성분은 수분 83.3%, 가연분 7.7%, 불연분 9%이다. 화학 조성은 탄소류 51.6%, 산소 38.6%, 수소 7%로 이루어져 있다. 도시 쓰레기의 고위 발열량은 4989.4 kcal/kg이며 슬러지의 발열량은 4428.04 kcal/kg이다. 용출 실험에서 중금속 성분은 거의 발견되지 않았다.

핵심용어 : 물리화학적 특성, 생활폐기물, 강원도

1. 서론

경제적, 문화적 수준 발달로 인한 폐기물 발생의 증가와 더불어 그 성상 또한 급속히 변하고 있는 추세이다. 폐기물은 다양화, 악성화 되어 그 처리를 더욱 어렵게 하고 있다. 이러한 폐기물을 적절히 관리하기 위해서는 폐기물의 발생량과 특성에 관한 조사가 반드시 이루어져야 한다. 이러한 기초적인 폐기물의 특성에 의해서 처리방법 및 안정적인 관리가 이루어질 수 있다.

그 뿐만이 아니라, 음식물 쓰레기의 매립지 반입 금지와 재활용의 강화, 일회용품 사용억제, 과대포장 규제, 리필제품 생산 촉진 등의 정책을 도입하여 발생량을 줄이는 방안 또한 추진해야 한다.

우리나라는 1990년대부터 폐기물의 특성에 관한 연구가 활성화되었지만, 선진국에 비해서는 기초 조사가 매우 미흡한 실정이다. 더군다나 이러한 기초조사는 1996년 폐기물 통계조사가 한번 실시된 후, 생활 폐기물의 수거 운반 및 처리업무는 각각의 자치단체가 담당하게 되었고, 자치단체 조례에 따라 업무의 일부를 민간에 위탁하여 수행하고 있기 때문에 더 이상의 전국적인 조사는 사실상 어렵게 되었다.

최근 매립지의 부족과 생활환경의 오염, 자원재활용 등 많은 문제점이 발생하여 쓰레기에 대한 합리적인 처리방안이 시급한 문제로 대두되고 있다. 따라서 강원도 A시의 지속적인 생활환경개선 및 공중위생의 질적 향상에 기여코자 소각시설 건립을 위해 쓰레기 성상분석 기초조사를 실시하게 되었다.

본 연구에서는 강원도 A시의 생활폐기물 6개소

와 슬러지 2개소를 선정하여 발생원별, 계절별(4계절)로 조사함으로써 강원도 A시에 건설되는 폐기물 종합처리시설의 효율적인 운영을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며 향후 폐기물 종합관리에 도움이 되리라 사료된다.

A시의 경우 발생량에 따라 발생비율을 구하여 결과를 변화시켰고, A시의 조사지역 중 군부대의 경우 군부대 인원은 보안상 알 수 없으므로 발생비율과 그에 따른 발생량에서는 제외시켰다. 하지만 군부대의 결과치는 대부분 평균과 큰 차이를 보이지 않으므로 발생비율을 생략해도 성상분석 결과에는 큰 차이를 보이지 않을 것이라고 생각된다.

슬러지 또한 생활 폐기물과 동일한 방법으로 발생량을 조사하여 분석하였다.

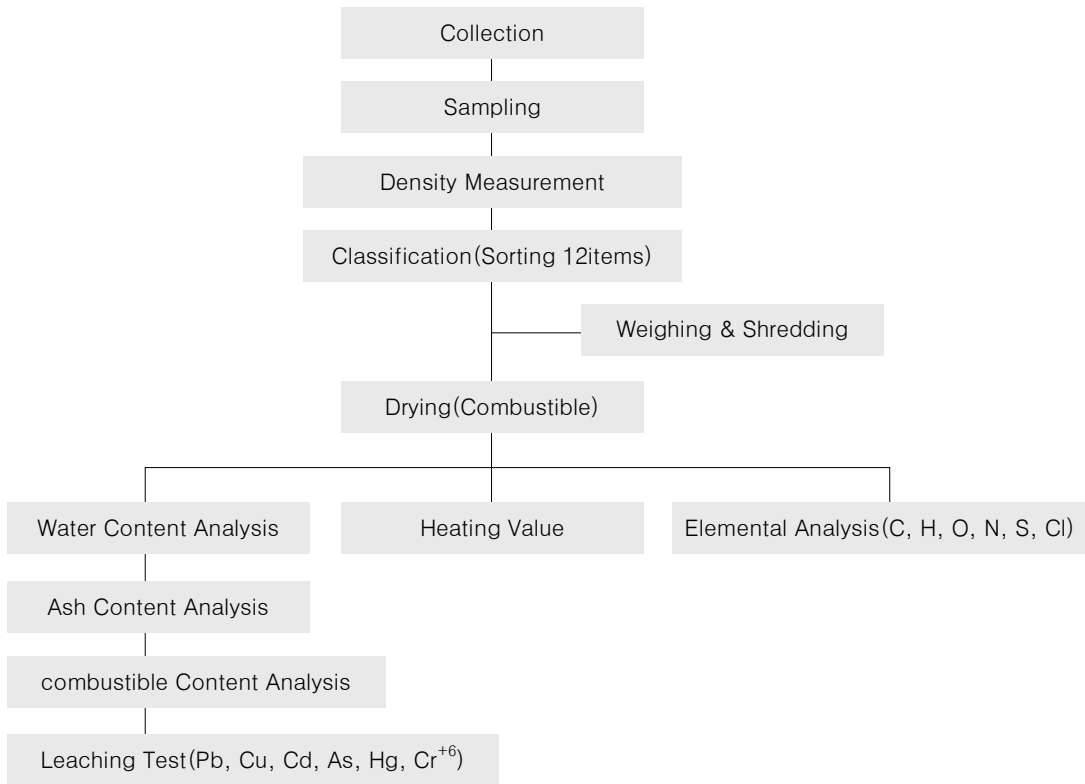
2. 조사 및 분석 방법

2.1 조사 대상 지역 및 시료 채취 방법

쓰레기의 질은 그 발생원에 따라 달라질 수 있기 때문에 그 점을 고려하여, 강원도 A시 폐기물 특성 조사를 위해 조사 대상지역을 여러 지역으로 나누었다.

대상지역은 생활폐기물과 슬러지로 나누었고, 생활폐기물은 주거지역과 비주거지역으로 분류하였다. 주거지역은 공동주택, 일반(단독)주택, 농촌지역, 군부대로 분류하였고, 비주거지역은 상업지역, 공업지역으로 분류하여 6개소를 선정하였다.

강원도 A시의 경우 타지역보다 군부대가 많은 지역적 특색을 고려하여 조사지역에 군부대를 포함(주거지역)시켜 조사하였다.



[Fig.1] Analysis steps of MSW and sludge.

슬러지는 하수슬러지와 축산슬러지로 분류하여 2개소를 선정하여 총 조사지점은 8개소로 고르게 선정 및 조사하였다.

지정된 발생원에서 중량제 봉투에 담겨진 폐기물을 대상으로 하였다. 현장 분석은 원추사분법으로 시료를 채취하는 방식을 택하였다. 그에 관한 절차는 [Fig. 1]에 나타내었다.

2.2 조사 기간

현장 조사 기간은 연간 발생하는 폐기물의 특성을 파악하기 위하여 [Table 1]과 같이 사계절을 대상으로 하였다.

2.3 분석 방법

2.3.1 걸보기 밀도 및 물리적 조성

원추4분법과 교호삼법을 이용하여 얻은 시료의

무게를 측정한 후 계산한다.

쓰레기의 성분을 가연물과 불연물로 나누어 가연분의 성분은 음식물, 종이, 목재, 비닐, 플라스틱, 섬유, 고무/피혁으로 7가지로 세분화 하고, 불연물은 금속, 캔류, 유리/도자기, 연탄재, 기타 불연물로 5가지로 나눈다. 채취한 시료를 각 성분별 조성에서 항목별 분류하여 조성별 중량을 측정한다.

2.3.2 삼성분 · 원소조성 및 발열량

삼성분은 먼저 빈 도가니를 미리 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 건조시킨 후 무게를 측정하고, 여기에 물리적 조성 성분 측정에 사용한 시료를 일정량 취하여 그 무게를 측정한다. 그 후 건조기를 사용하여 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 시료의 중량이 항량 될 때까지 건조(약1일 이상)시킨 다음 그 무게를 잰다. 수분 분석을 마친 시료를 계속하여 $800 \pm 25^\circ\text{C}$ 의 전기로에서 약 2시간 이상 완전히 태우고 30분간 방냉시킨 후 무게를

[Table 1] Sampling Dates

season	dates
spring	2000. 5
summer	2000. 8
fall	2000. 11
winter	2001. 2

측정하여 회분의 무게를 구한다. 회분은 습량기준의 회분을 구한다. 가연분 측정은 100%에서 수분(%)과 회분(%)을 뺀 나머지로 한다.

원소조성은 쓰레기를 건조기(dry oven)에서 105℃, 2시간 이상 건조시켜 파쇄기를 이용하여 화학적 조성 분석에 이용한다. 그 대상항목을 C, H, O, N, S, Cl 의 6항목으로 하였고, C, H, N 분석은 원소분석기 2000,LECO를 사용하였고 Cl은 IC DX 500, DIONEX 그리고 S는 S14DR LECO를 사용하였다. O는 100에 C, H, N, S, Cl를 뺀 값으로 한다.

발열량은 파쇄한 각 성분의 시료를 일정량 채취하여 PARR 1261을 이용하여 측정하였다.

2.3.3 용출시험

용출시험은 폐기물공정시험법(2000년)에 의하여 실시하였고, 폐기물 관리법상 지정폐기물 분류에 사용되는 시안, 크롬(6가), 구리, 카드뮴, 납, 수은 등을 분석항목으로 하였으며, 원소 분석법(AA)으로 측정하였다.

분석 장비는 ICP-MS(Varian Ultramass 700) 과 수은 분석기(Cetac, M-6000A)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 강원 영서지역의 생활폐기물 발생량 및 발생비율

강원 영서지역의 생활폐기물의 양은 일일 평균 약 197ton/day 이며, 이 도시의 인구수에 따른 지역별 발생비율은 [Table 2]에 나타내었다.

하수 슬러지의 처리량은 32.9ton /day 이며, 축산 슬러지의 처리량은 1.5ton/day이다.

축산 슬러지의 경우 처리 업체가 소규모일 경우에 간단한 전처리 후 방류시키기 때문에 [Table 3]에 명시한 축산폐기물 발생량 1.5ton/day는 A

[Table 2] Weighting Factor

Generation Source		Population (인), Weighting factor(%)	Weighting factor	
M S W s	Resident	APT(A)	23,529	40.0
		Detached Dwelling(B)	10,714	18.2
		Agricultural Dwelling(c)	5,423	9.2
		Army(D)	-	-
	Non-Resident	Market(E)	4,974	8.5
		Factory(f)	14,140	24.1
Total		58,780	100.0	

[Table 3] Generation Factor of Sludge(weight %)

Generation Source		Generation Amount (ton/day)	Generation factor (%)
Sludge	Sewage Sludge	32.9	95.6
	Animal Sludge	1.5	4.4
	Total	34.4	100.0

시의 축산폐기물 평균적인 수치라 보다 방류시키지 않고 탈수처리 과정을 거친 사업장의 평균 슬러지 처리량을 말한다.

3.2 겉보기 밀도, 물리적 조성

가연성 쓰레기는 여름철이 93.0%로 가장 높았고 겨울철, 봄철, 가을철의 순으로 나타났다.[Table 4]

[Table 5]에는 계절별에 따른 폐기물의 물리적 조성을 조사하였으며, 실험결과에서 나타나는 바와 같이 물리적 조성비 중 음식물의 비율이 가장 높으며 그 다음은 종이류, 비닐류의 순이다. 영서

지역의 음식물 쓰레기의 양은 타 도시의 음식물 쓰레기에 비해 그 양이 적은 편인데, 그것은 음식물의 분리수거가 잘 되어있었음을 현장 조사 시에 알 수 있었다. 음식물의 발생량이 적은 것은 발열량이 높은 원인이 된다고 사료된다.

대부분 음식물의 발생량은 4계절 중 여름이 높은 것이 일반적이거나 다른 도시와는 다르게 영서지역 여름철 음식물 쓰레기의 조성비는 4계절 중 가장 낮았다.

3.3 삼성분, 화학적 조성

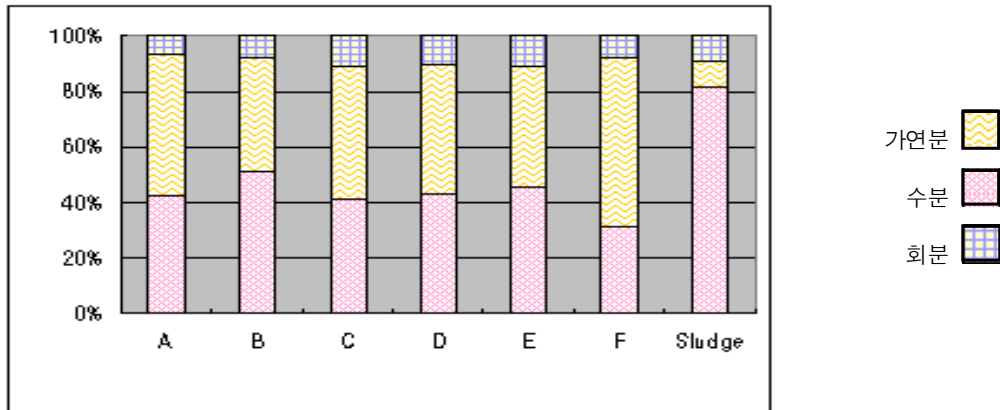
조성 중 C 51.6%, O 38.6%, H 7.0%, Cl 1.8%,

[Table4] Density of Wastes

Generation source		
Resident	APT(A)	0.222
	Detached Dwelling(B)	0.276
	Agricultural Dwelling(c)	0.258
	Army(D)	0.376
Non-Resident	Market(E)	0.212
	Factory(f)	0.096
Ave.		0.219

[Table5] Physical Composition by Season(%)

		Spring	Summer	Fall	Winter	Ave.
COMBUSTIBLE	Food	27.3	16.5	33.6	28.8	26.6
	Paper	21.9	24.6	28.2	22.0	24.2
	Wood	3.2	7.5	0.7	3.6	3.8
	Vinyl	13.8	13.5	14.8	18.9	15.3
	Plastics	3.6	10.2	4.5	11.5	7.5
	Rubber/Leather	1.7	6.7	2.8	N.D	2.8
	Fiber	16.4	13.7	2.7	5.5	9.6
	Total	87.9	93.0	87.5	90.2	89.7
NON COMBUSTIBLE	Metal	4.5	1.0	0.7	1.7	2.0
	Can	0.9	1.3	1.8	6.4	2.6
	Glass/Ceramic	2.4	N.D	5.6	1.7	2.4
	Briquet (ash)	N.D	N.D	4.4	N.D	1.1
	ETC.	4.3	4.7	N.D	N.D	2.3
	Total	12.1	7.0	12.4	9.8	10.3
Total		100	100	100	100	100



[Fig2] Three component by generation source of MSWs(%).

[Table6] Three Component & Element Analysis(%)

		Spring	Summer	Fall	Winter	Ave.
Three component	Water	82.4	82.6	83.8	84.2	83.3
	Combustible	9.8	13.3	3.6	4.2	7.7
	Ash	7.8	4.1	12.6	11.6	9.0
	Total	100	100	100	100	100
Element Analysis	C	30.0	26.3	33.4	39.6	32.3
	H	6.4	4.9	5.4	5.6	5.6
	O	57.0	62.0	55.5	48.4	55.7
	N	3.7	3.5	3.4	4.4	3.8
	S	0	0	0	0.5	0.1
	Cl	2.9	3.3	2.5	1.7	2.6
	Total	100	100	100	100	100

N 0.9%, S 0.1%순으로 나타났다. 봄, 여름과 가을, 겨울이 비슷하게 조사되었다.[Table 6]

슬러지의 경우 삼성분 중에서 수분이 83.3%로 슬러지의 대부분이 수분으로 구성 있다는 것으로 알 수 있었다. 수분은 4계절 큰변동이 없었으나, 가연분과 회분은 변동이 있었다.

슬러지는 생활 쓰레기와는 달리 원소조성 중 O 55.7%로 가장 높게 나타났다. 또한, 4계절 변동도 있었다.[Table 7]

지역별 삼성분을 나타낸 [Fig. 2]를 보면 공동

주택과 공업지역이 가연분이 많은 것으로 조사되었다. 회분은 지역별로 큰 차이가 없으나 농촌지역, 상업지역, 군부대 지역이 높게 나타났다.

3.4 발열량, 용출시험

발열량은 실측고위 발열량, 원소조성으로 산출한 산출고위 발열량, 저위 발열량을 조사하였다. 생활폐기물의 경우 각각 5867.55kcal/kg, 4988.34kcal/kg, 2032.88kcal/kg이다. 슬러지도 각각 4428.04kcal/kg, 2934.10kcal/kg

[Table7] Three Component and Element Analysis by Generation Source of Sludge (Unit:%)

		Spring	Summer	Fall	Winter	Ave.
Three component	Water	51.6	45.8	34.1	29.3	40.2
	Combustible	41.6	45.2	57.9	63.9	52.1
	Ash	6.8	9.0	8.0	6.8	7.7
	Total	100	100	100	100	100
Element Analysis	C	48.5	45.4	56.0	56.6	51.6
	H	7.6	7.1	6.7	6.6	7.0
	O	41.1	44.8	34.6	33.8	38.6
	N	1.1	0.8	0.7	0.9	0.9
	S	0	0.2	0.2	0.1	0.1
	Cl	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8
	Total	100	100	100	100	100

[Table8] Heating Value Wastes(Kcal/kg) (Hd:Bomb Calorimeter)

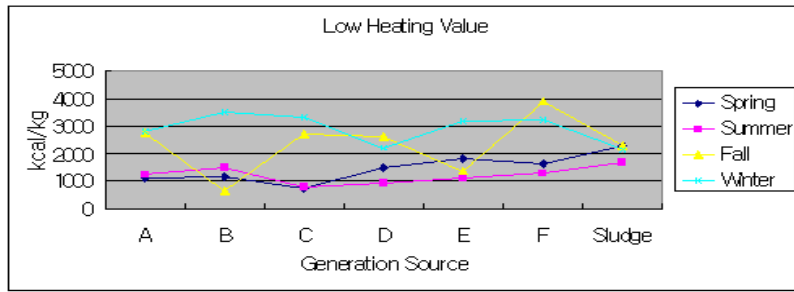
Season		High Heating Value(kcal/kg)		Low Heating Value(kcal/kg)	
		Hd	Hh		
MSWs	Spring	5944.32	5181.54	1265.54	
	Summer	5889.85	4134.41	1248.90	
	Fall	5657.53	5279.24	2512.81	
	Winter	5978.49	5358.17	3104.26	
	Ave.	5867.55	4988.34	2032.88	
SLUDGE	Sewage Sludge	Spring	4585.60	2109.40	1268.20
		Summer	2831.10	1032.35	275.15
		Fall	4723.07	2120.45	1312.25
		Winter	4516.28	3071.35	2263.15
	Lomestic Animal Sludge	Spring	6528.90	4267.00	3377.20
		Summer	4042.80	3915.60	3065.40
		Fall	5188.75	4099.65	3301.05
		Winter	3007.83	2857.00	2017.00
	Ave.		4428.04	2934.10	2109.93

2109.93kcal/kg로 나타났다.

생활폐기물의 겨울철 저위발열량이 3104.26kcal/kg으로 사계절중 가장 높았으며, 여름철이 1248.09kcal/kg으로 가장 낮았다.

축산 슬러지는 겨울을 제외하고는 저위 발열량이 비슷하지만, 생활폐기물은 4계절이 뚜렷한 차이가 있었다. 그리고 슬러지의 발열량이 생활 폐기물의

발열량에 비해 월등히 낮게 나타났다. 특히, 저위 발열량이 낮은 이유는 슬러지의 수분함량이 생활 폐기물의 수분함량보다 월등히 높기 때문이다. 생활 폐기물의 실측 고위 발열량은 사계절의 큰 변화가 없으나, 저위 발열량의 변화는 그에 비해 변동이 심한 편이다. 생활 폐기물의 저위발열량은 습식 법으로 계산하였고 슬러지의 저위 발열량은 습식



[Fig.3] Low heating value by generation source(Kcal/kg).

법이 아니라 건식법으로 산출했다.[Table 8]

지역별 저위발열량 [Fig. 3]을 보면 여름이 저위발열량이 가장 낮다. 또 상업지역은 4계절 저위발열량이 비슷하게 조사되었다.

한편 영서지역의 생활폐기물과 슬러지의 용출시험 결과 중금속양은 거의 규제량 이하였다.

4. 결론

강원도 영서지역의 폐기물(생활 폐기물, 슬러지)을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 생활폐기물의 가연성분 중에는 음식물이 26.6%로 가장 높았으며, 다음으로 종이, 비닐, 섬유, 플라스틱, 목재, 고무/피혁 순으로 나타났다. 불연성분은 캔류가 가장 많았다. 음식물의 양이 적은 것이 특징적이며 종이류와 비닐류는 다른 조성비에 비해 사계절의 변화가 적었다. 난방시설의 변화로 연탄재의 경우 가을철에만 4.4%로 나타났다.

2. 생활폐기물의 수분량은 40.2%이고, 가연분 52.1%, 회분은 7.7%이다.

슬러지는 수분 83.3%, 가연분 7.7%, 회분 9.0%이다.

생활폐기물에서는 봄철이 가장 수분량이 높고, 겨울철이 가장 낮다.

그리고, 여름철의 함수율이 타계절에 비해 높은 것이 일반적이지만 이지역의 경우 여름철 음식물의 조성비가 타계절에 비해 낮았지만 조성비에 비해서는 수분함량이 높은 편이었다

이는 계절적인 영향이라고 본다. 슬러지는 생활폐기물에 비해 사계절 변동이 적다

모든 원소조성은 사계절에 큰 변화가 없었다. 생활폐기물은 원소 조성 중 탄소 51.6%, 산소 38.6%, 수소 7.0%, 염소 1.8%, 질소 0.9%, 마지막으로 황이 0.1%로 나타났다.

슬러지는 산소 55.7%, 탄소 32.3%, 수소 5.6%, 질소 3.8%, 염소 2.6%, 황 0.1%로 나타났다.

염소의 양이 타 지역보다 조금 높은 편이며 슬러지의 경우 탄소의 양보다 산소의 양보다 적은 것이 특징이다.

3. 생활 폐기물의 실측 고위 발열량은 5867.55 kcal/kg이다.

산출 고위 발열량은 4989.41kcal/kg 이고, 저위 발열량은 2032.88kcal/kg이다.

슬러지는 실측 고위 발열량이 4428.04 kcal/kg이고, 산출 고위 발열량이 2934.10 kcal/kg, 저위 발열량이 2109.93kcal/kg이다.

슬러지 중 축산 폐기물의 발열량이 낮은 것은 발생비율이 낮기 때문이다

생활폐기물의 실측 고위 발열량은 사계절의 큰 변화가 없으나, 저위 발열량의 변화는 그에 비해 변동이 심한 편이다

4. 폐기물의 용출시험 결과 중금속은 거의 불검출 되었으므로, 폐기물에서 유출된 중금속으로 인한 문제는 발생되지 않을 것이라고 추측할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 상지대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 환경부 : 폐기물공정시험법 (2000).
2. 환경청, 강원 통계연감 (2000).
3. 환경부 : 환경백서 중 제3부 제5장 폐기물 관리 (2000).
4. 이준홍, 문동호, 김재원, 수도권 매립지에 반입되는 쓰레기의 성상 및 물리·화학적 특성, 한국폐기물 학회지, 제17권, 제3호pp 363~369 (2000).
5. 용인시 폐기물 소각시설 설치 입지 타당성 조사 보고서 (1998).
6. 용인시 : 일반 폐기물 소각장 건설 사업 환경 조사 및 기본계획 보고서 (1998).
7. 윤오섭, 폐기물 처리기술 pp 17~37 (1999).

8. 이성준, 이견주, 심범보, 서용찰: 매립지와 소각시설의 설치시 생활폐기물에 관한 특성 조사, 한국폐기물학회지, 제15권 제5호, pp 548~556 (1998).
9. 이승희, 민달기: 서울 서부지역 생활폐기물의 물리 화학적 특성에 관한 연구,제17권,5호,제 5호 pp 537~542 (2000).
10. 구자공 : 쓰레기의 질적 특성 및 처리방안에 관한 연구보고서, 한국환경과학연구협의회 (1990).
11. 유기영, 이승재, 박상후, 서울시 생활 폐기물의 발생특성 분석 한국 폐기물 학회지, 제16 권, 제6호 pp 582~595.
12. Bonomo, L. and Higginson, A.E. :International Overview on Solid Waste Management, Academic Press (1988).
13. Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S.:Integrated Solid Waste Management, McGrawhill, Inc (1993). 