

쓰레기종량제에 따른 쓰레기의 特性 및 發熱量 分析

文秋淵·鄭淳亨*·李泰鎬*

동아대학교 환경공학과

*대구보건전문대학 환경관리과

The Characteristics and Heating Values Analysis of Municipal Solid Wastes according to the Volume-rate System

Choo- Yeun, Moon·Soon-Hyung, Chung*·Tea-Hoo, Lee*

Dept. of Environ, Eng., Dong-A University, Pusan, Korea

**Taegu Health Junior College*

Abstract

This study was on the characteristics and heating values analysis of municipal solid wastes according to the volume-rate garbage collection system in Busan. Each waste sample was analyzed to obtain physical composition, proximate analysis, heating value, chemical composition. And the heating value were compared with those of the past waste collection system.

The average physical composition of A.P.T. area was food waste 54.0~65.7%, while that of common residence was food waste 57.9~61.2%. The density of solid waste were largely different for site and the highest densities of waste was 399.6kg/m³ from Market. The low heating value of waste from residence site was 996.9kcal/kg~1,238.1kcal/kg which was lower than 1,000kcal/kg~1,800kcal/kg of the past wastes.

These difference was mainly due to the difference of moisture content and the amount of vegetables.

I. 序 論

쓰레기의 處理計劃, 특히 燒却처리 계획을 세우기 위해서는 쓰레기의 特性을 把握하는 것이 가장 중요하며 이들의 變化에 미치는 影響등을 고려하여 對策을 豎立해야 한다. 쓰레기의 特性은 사회, 경제적인 여건 (기후, 지역, 생활습관, 생활수준 등), 계절적 변화 및 수집방법(분리수거, 혼합수거, 수거주기, 물질회수 정도)등에 따라 많은 차이를 보이고 있다.^{1,6)} 특히 '95. 1. 1부터 쓰레기 종량제 실시 후 전국적으로 쓰레기의 발생량은 약 36%가 감량되었으며 이에 따라 재활용품도 약 40%가 증가된 것으로 調查보고 되고 있다.²⁾ 따라서 본 研究는 쓰레기 종량제 실시이후 釜山地域에서 발생하는 쓰레기의 特性을 分析하여 앞으로 계속적인 확충이 예상되는 燒却시설에 대한 설계조건 및 적정운영을 위한 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있으며, 釜山市 사하구 일대를 대상으로 쓰레기의 발생원에 따라 A.P.T.지역, 一般住居地域, 商街地域, 工團地域, 官公署, 學校 등으로 구분하여 쓰레기의 密度, 物理的 組成, 三成分(水分, 회분, 가연분)分析, 元素分析(C,H,O,N,S) 그리고 고위 및 저위發熱량을 調查·分析하였다.

II. 實驗 方法

1. 試料採取

釜山地域에서 발생하는 쓰레기의 特性을 分析하기 위해 다대燒却場이 위치해 있는 사하구 일대를 대상으로 쓰레기의 발생원에 따라 A.P.T.지역 3개지점, 一般住居地域 2개지점, 在來式 商街地域, 工團지역, 官公署, 學校 각 1개지점(Table 1)씩을 選定하여 현장 Sam-

pling을 실시하였다. 1차調查는 봄철인 '95. 4. 20~22일에 그리고 2차調查는 여름철인 '95. 8. 7~9일에 시료를 채취, 分析하였으며 각 調查時期 마다 住居地域에 대해서는 각각 2회에 걸쳐 調查하였다.

시료채취 방법은 발생원에서 쓰레기를 약 100~300kg정도로 標本抽出하여 이를 비닐 Sheet위에 모아 밀봉되어 있는 쓰레기는 파봉하고 조대쓰레기는 파쇄한 후 원추 4분법에 의해 시료를 채취하였다.^{3,7)}

채취된 시료는 현장에서 密度시험 및 물리적 조성성분(중량비)을 分析하였으며 약 15~25kg의 쓰레기를 밀봉하여 실험실로 운반하여 三成分 및 發熱량을 分析하였다.

Table 1. Sampling point

Site	Sampling point	etc
A-1	Dadae Hyundae A.P.T	High level
A-2	Garak- Town A.P.T	Medium level
A-3	Hadan- Daejin A.P.T	Low level
B-1	Janglim common residence	Medium level
B-2	Gufung common residence	Low level
C	Gaejung Market	
D	Janglim Industrial area	
E	Sahagu Office	
F	Dong- a University	

2. 分析項目 및 分析方法

채취된 시료는 실험실에서 水分含量, 가연분 함량, 회분함량 및 C, H, O, N, S 등의 원소등을 측정하였다. 密度分析은 環境오염 공정시험법(폐기물편)에 준하였으며, 물리적 조성은 현장에서 손으로 직접 분류하여 調查하였다. 水分함량을 측정하기 위해서 105±5℃에서 試料의 重量이 恒量될 때까지 乾燥시켰으며 회분함량은 약 800~900℃에서 회화시켜 측

정하였다. 물리적 조성을 分析하기 위해 本 研究에서는 아래와 같은 13개 항목으로 분류, 調査하였으며 여기서 微量 檢出되는 경우는 기타에 포함시켰다.

1. 주방쓰레기류 2. 종이류 3. 섬유류
4. 비닐, 플라스틱류 5. 나무, 짚류
6. 고무, 가죽류 7. 기타 가연성류
8. 철, 금속류 9. 비철, 금속류 10. 유리
11. 돌, 자기류 12. 연탄재 13. 기타 불연성류

Table 2에 分析 項目別 使用器機를 나타내었다.

Table 2. Analytical methods and instrument

Item	Method and instruments
Density	Bucket, Balance
Phsical Composition	Hand- Sorting
Water, combustible, Ash Content	Dry Oven, Electric Furnace

分析한 탄소, 수소, 산소의 중량비로부터 식(1)의 Dulong식을 이용해 乾燥쓰레기의 고위發熱량을 구하였다.

$$H_d(\text{kcal/kg}) = 8,100C + 34,250(H - O/8) + 2,250 \times S \dots\dots\dots (1)$$

여기서, H_d 는 乾燥쓰레기의 發熱量 C, H, O 및 S는 각각 탄소, 수소, 산소 및 황(%W)을 나타내는 것이다. 그리고 식(2)을 이용해 乾燥쓰레기 고위發熱량으로부터 저위發熱량을 추정할 수 있다. 여기서, H_l 는 저위發熱량(kcal/kg)을 나타낸다.

$$H_l(\text{kcal/kg}) = H_d \left(\frac{100 - W}{100} \right) - \left(\frac{9H_2 + W}{100} \right) \times 600 \dots\dots\dots (2)$$

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

1. 密度

쓰레기의 密度는 쓰레기의 運搬 및 收去過程에 영향을 미치는 중요인자로서 쓰레기 조성성분, 水分함량, 각 구성성분의 크기 등에 따라 각각 다르게 나타나고 또한 발생원과 계절에 따라서도 달라진다. 발생원에서의 分析결과 재래식 상가지역의 경우 水分함량이 높아 평균 399.6kg/m^3 로 가장 높게 나타났으며 A.P.T. 지역이 일반주거지역보다 비교적 높게 나타났다. 官公署 학교 지역은 각각 110.5kg/m^3 , 113.9kg/m^3 으로 낮게 나타났는데 이는 종이와 비닐·플라스틱 등이 많아 廢棄物間의 공극이 크고 함수율이 낮기 때문인 것으로 사료된다. 계절별로 보면 봄철인 1차調査 시기보다 여름철인 2차調査 시기에 높은 수치를 보이고 있으며 이는 여름철에 함수율이 높은 주방쓰레기의 조성비율이 높아진 것으로 기인한다.

2. 物理的 組成成分

本 調査地域 쓰레기의 각 발생원별 濕量基準 物理的 組成 分析結果를 Table 4에 나타내었으며 주방쓰레기류, 종이류, 비닐 플라스틱류 등 3종류가 全體 쓰레기 構成比의 80% 이상으로 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이중 아파트지역과 一般住居地域의 주방 쓰레기량을 비교해 보면 아파트 團地의 경우 평균 54.0~65.7%, 일반 주거지역의 경우 57.9~61.2%로 비슷하게 나타났으며 아파트 團地의 경우 주로 中流層 아파트에서는 주방쓰레기가 54%, 종이류가 22.3%였으나 저소득 아파트인 A-3 지점에서는 주방 쓰레기가

Table 3. Density of municipal solid wastes in Busan city

(unit : kg/m³)

		A·P·T			Common Resi.		C	D	E	F
		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2				
1st.	1	289.6	238.6	352.7	201.8	212.4	392.7	126.4	128.3	118.2
	2	268.3	254.1	384.4	226.4	262.3	—	—	—	—
2nd.	1	364.3	330.3	390.0	386.2	314.9	406.5	164.2	92.7	109.5
	2	394.1	336.4	400.6	359.2	393.5	—	—	—	—
Average		329.1	289.9	381.9	293.4	295.8	399.6	145.6	110.5	113.9

Table 4. Physical composition of MSW(Average)

(unit : %W)

Site	Combustible							Non-Combustible					
	Food	Paper	Vinyl	Textile	Wood	Rubber	Others	Iron	Nontron	Grass	Ceramic	Briquet	Others
A-1	61.1	13.5	10.9	1.7		—	5.3	1.2	0.5	4.7	—	—	—
A-2	54.0	22.3	7.6	1.5		—	4.9	1.6	0.8	2.4	—	—	—
A-3	65.7	5.1	9.5	2.4		—	10.6	1.0	0.8	3.8	—	—	—
B-1	57.9	13.3	13.1	4.5		—	4.0	2.3	—	1.6	3.4	—	—
B-2	61.2	11.7	10.6	3.8		—	6.4	1.9	—	2.5	2.1	—	—
C	68.4	12.0	10.9	0.7		—	2.1	1	—	3.8	1.2	—	—
D	—	41.2	17.7	5.3		4.6	19.5	2.0	—	7.3	2.6	—	—
E	—	72.4	12.1	—		—	13.4	0.5	—	—	—	—	—
F	—	38.5	18.8	—		—	30.0	7.9	—	—	—	—	—

65.7%, 종이류가 5.2%로 상당한 차이를 보이고 있다. 이는 쓰레기 종량제 이후 분리수거에 따른 住民意識 및 所得水準의 差異로 인한 影響이 반영된 것으로 判斷된다.

3. 三成分 分析 結果

本 調査地域의 三成分 즉 水分, 灰分, 가연분 함량의 分析結果는 Fig. 1과 같이 나타났으며 쓰레기 발생원에서는 재래식 상가지역인 C지점에서 水分함량이 51.67%로 가장 높고 官公署에서 40.31%로 水分함량이 가장 낮게 나타났으며 工團지역인 D지점에서 가연성분이 51.19%로 가장 높게 나타났다. 아파트 및

일반주거지역의 경우 역시 평균 50%로 유지하고 있어 調査기간중 비가 오지 않은 것을 감안하면 비교적 높은 含水율을 보이고 있는데 이는 과거와 달리 水分함량이 낮은 연탄재가 없어지고 종량제 실시이후 含水율이 높은 주방쓰레기의 比率이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.

4. 發熱量 分析 結果

各 調査地域에서 채취된 쓰레기의 조성별 C,H,O,N,S 원소分析결과를 이용 쓰레기 發熱量 계산결과를 Fig. 2에 나타내었다. 乾燥 고위發熱量은 평균 3,108.5kcal/kg~3,818.6

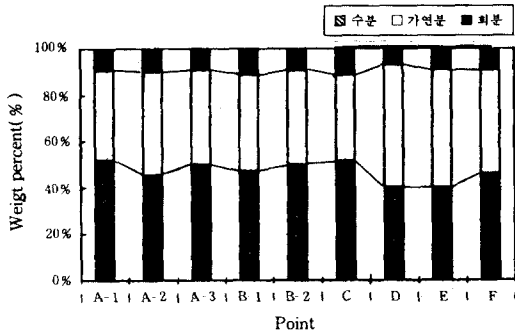


Fig. 1. Water, Compostible, Ash contents of MSW by generation sources

kcal/kg의 범위이었으며 습윤저위 發熱량을 보면 1차調査(봄) 기간중에는 987.9kcal/kg ~ 2,713.1kcal/kg의 범위를 보이나 여름철인 2차 調査기간중에는 898.6kcal/kg ~ 2,270.7kcal/kg으로 낮아지는 경향을 나타냈으며, 특히 A.P.T. 및 일반주거지역의 경우 쓰레기의 저위發熱량이 계절적인 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났는데 이는 쓰레기의 性狀 및 함수율의 변화에 起因한 것으로 사료된다.

A.P.T. 및 일반주거지역에서의 평균 저위發熱량은 996.9kcal/kg ~ 1,238.1kcal/kg으로 종량제 실시전인 1,000kcal/kg ~ 1,800kcal/kg의 일반적인 국내자료^{4,5)}보다 낮은 수치를 보이고 있다. 이는 本 調査기간이 쓰레기 종량제 실시 이후로 쓰레기중의 주방쓰레기류의 구성비가 상당히 높아졌고 그에따른 쓰레기의全體 함수율이 높아졌으며 發熱량이 비교적 높은 재활용품인 종이류가 감소되었기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 結 論

쓰레기 종량제 실시이후 '95년 4월부터 '95년 8월까지 부산지역에서 발생되는 쓰레기의

Table 5. Low heating values of MSW

Site.	1st.		2nd.		Average
	1	2	1	2	
A-1	1,168.5	1,207.0	1,069.9	960.8	1,101.6
A-2	1,248.8	1,220.0	1,106.4	1,052.6	1,157.0
A-3	1,089.5	987.9	980.1	929.9	996.9
B-1	1,568.3	1,292.7	1,006.4	1,084.8	1,238.1
B-2	1,461.3	1,222.7	1,151.9	993.1	1,207.3
C	997.1	—	898.6	—	947.9
D	2,713.1	—	2,270.7	—	2,491.9
E	2,471.3	—	2,030.8	—	2,251.1
F	2,304.3	—	2,290.5	—	2,297.4

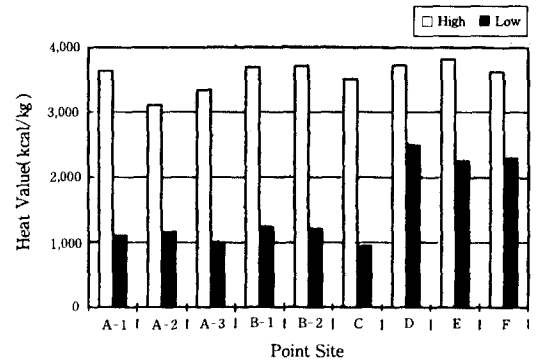


Fig. 2. High and low heating values of MSW by generation sources

特性을 分析한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 密度分析결과 재래식 상가지역이 평균 399.6kg/m³로 가장 높고 官公署, 학교 지역은 각각 110.5kg/m³, 113.9kg/m³로 낮게 나타났으며 계절별로는 봄철보다 여름철에 높게 나타나고 있는데 이는 여름철에 함수율이 높은 주방쓰레기의 조성비율이 높아진 것으로 기인한다.
2. 쓰레기의 습량기준 물리적 조성 分析결과 주방쓰레기류, 종이류, 비닐·플라스틱류 등 3종류가 전체 쓰레기 構成比의 80% 이상으로 대부분을 차지하고 있고, 쓰레기 종량제

이후 분리수거에 따른 住民意識 및 소득수준의 차이에 따라 쓰레기의 물리적 성상 차이가 크게 나타났다.

3. 乾燥 고위發熱量은 평균 3,108.5kcal/kg~3,818.6kcal/kg의 범위였으며 습윤저위發熱量은 898.6kcal/kg~2,270.7kcal/kg의 범위를 보이며, A.P.T. 및 일반주거지역의 경우 쓰레기의 저위發熱量이 계절적인 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다.
4. A.P.T. 및 일반주거지역에서의 평균 저위發熱量은 996.9kcal/kg~1,238.1kcal/kg으로 종량제 실시전인 1,000kcal/kg~1,800kcal/kg의 일반적인 국내자료보다 낮은 수치를 보이고 있다. 이는 본 調査기간이 쓰레기 종량제 실시 이후로 쓰레기중의 주방쓰레기류의 구성비가 상당히 높아졌고 그에따른 쓰레기의 전체 함유율이 높아졌으며發熱量이 비교적 높은 재활용품인 종이류가 감소되었기 때문인 것으로 판단된다.

參 考 文 獻

1. 이승무 외: 도시폐기물 燒却을 위한 地域別 쓰레기 성상에 관한 比較研究, 韓國廢棄物學會, 1995.
2. 環境部: 쓰레기종량제 추진 상황평가, 廢棄物 정책과, 1995.
3. 環境部: 폐기물 公證시험방법, 1994.
4. 민병덕 외: 도시폐기물 燒却에 있어 쓰레기 발생량 및 열정산에 의한 發熱量 比較調査 研究, 韓國廢棄物學會, 1993.
5. 이성호 외: 都市生活쓰레기의 特性 및 發熱量 分析, 韓國廢棄物學會, 1994.
6. Japan International Cooperation Agency, Master Plan and Feasibility Study on Seoul Municipal Solid Waste Management System, 1985.
7. Wilson, D,G,: Handbook of solid waste Mangement, Van Nostrand Reinhold Company, 1977.