

## 강원 동해안지역의 생활폐기물 발생특성

이해승 · 최용범 · 김병욱\*  
강원도립대 환경시스템과  
\* 강원도 보건환경연구원

### Physico-Chemical Characteristics of Municipal Solid Wastes in the East Coast of Gangwon

Hae-Seung Lee · Yog-Bum Choi · Byoung-Ug Kim\*

*Dept. of Environmental System Engineering, Gangwon Provincial University  
\*Gangwon Institute of Health & Environment, Chuncheon, Gangwon, 200-822, Korea*

#### Abstract

This research was performed to investigate the generation and physico-chemical characteristics of municipal solid wastes in the east coast of gangwon. The results were as follows: i) The generation rate of G city and Y gun were 0.187-0.384 kg/cap/d and 0.136-0.259 kg/cap/d. Apparent density of G city and Y gun were 137.9-191.9 g/L and 157.3-238.3 g/L, respectively. ii) The wastes consisted of 76.1-97.5% of combustibles and 2.5-23.9% of incombustibles in G city. And the wastes consisted of 73.7-98.6% of combustibles and 1.4-26.3% of incombustibles in Y gun. Most of municipal solid wastes are composed of food, paper, and vinyl-plastics waste. Water content of commercial area, agricultural resident, detached resident, apartment area, school zone were 42.5-45.9, 37.6-43.4, 32.4-38.4, 29.3-32.3, 6.8-26.9%, respectively. iii) The low heating value of G city and Y gun were 1,125.5-2,540.7 kcal/kg, 1,104.4-2,062.3 kcal/kg, and school and apartment area were higher than commercial area.

Key Words : Physico-chemical characteristics, Physical components, Apparent density, Water content, Municipal solid wastes(MSWs)

#### I. 서 론

인간의 생활수준이 향상되고 산업이 발달함에 따라 생활폐기물은 필연적으로 발생되며 생활양식, 소득수준, 지역특성 그리고 계절변화 등에 따라 발생량 및 성상이 다양하게 나타난다.

어느 지역에서 발생하는 생활폐기물의 발생량

및 물리·화학적 특성은 쓰레기의 적정 관리체계 수립 및 효율적인 최종처리시설의 설계, 운영 및 소요장비의 선정 그리고 자원회수를 위한 재활용 등의정책결정을 위해 파악해야 할 중요한 요소이다.<sup>1-2)</sup> 또한, 폐기물 매립장으로 반입되는 폐기물 뿐 아니라 각 주거형태별 배출특성을 직접 파악하는 것도 폐기물의 효율적인 처리 및 관리시설을

설계하는데 중요한 자료가 된다. 특히, 국내의 경우 지역적인 특성 및 4계절이 뚜렷한 기후적 요소 등에 의해 그 발생특성이 지역별로 상이하게 나타나, 이러한 구체적인 조사연구가 수행된 예가 적고 단편적인 조사 및 분석에 그치는 경우가 많았다. 이에 본 연구에서는 강원 동해안에 위치한 대표 시·군을 선정하여 생활폐기물을 효율적으로 처리·처분하는데 필요한 주거형태별 및 배출원별 생활폐기물의 물리·화학적 특성을 파악하여 합리적인 폐기물 관리 기본계획 수립의 기초자료를 제시하고자 하였다.

## II. 조사 방법

### 1. 조사대상지역 및 조사기간

강원 동해안 지역은 인구 20만 정도의 1개시, 10만 정도의 3개시와 인구 3만 정도의 2개군으로 구성되어 있는 지역이다. 또한 동해안의 경우 청정환경으로 울창한 산림과 해양자원으로 인하여 특히 여름철의 경우 많은 관광객이 유입되고 있다. 본 연구에서는 동해안 지역에서 발생되는 생활폐기물의 물리·화학적 특성을 조사하기 위하여 대표적인 G시와 Y군을 선정하여 주거형태별 및 배출원별 발생특성과 물리·화학적 특성을 조사하였다. 주거형태별 생활폐기물 발생특성은 G시의 경우 계절별로 단독, 아파트, 연립주택 및 비주거로 구분하여 조사하였으며, Y군은 적합한 연립주택이 없는 관계로 인하여 연립주택을 제외한 주거형태별 발생특성을 계절별로 조사하였다. 배출원별 발생특성은 봄철과 여름철에 실시하였는데 G시의 경우 주거지역(단독, 공동주택), 상업지역, 농촌지역 그리고 공공시설에서 발생되는 폐기물의 매립장 반입시 시료를 채취하여 조사를 수행하였으며, Y군은 각 읍 및 면에 위치하고 있는 6개 매립장에서 반입되는 폐기물을 대상으로 조사를 수행하였다. 생활폐기물의 배출특성은 봄(2004. 4. 8~4. 10), 여름(2004. 7. 30~7. 31), 가을(2004. 10. 30~10. 31), 겨울(2004. 12. 2~12. 3)에 걸쳐 조사를 실시하였다. 특히 여름철의 경우 폭발적인 관광객 증가로 인한 쓰레기 발생량 및 성상분석을 비교하기 위하여 여름철에 비해 상대적으로 관광객이 적은 봄철에 발생되는

쓰레기 발생량 및 성상분석을 비교하여 제시하였다.

### 2. 발생량 조사 및 분석방법

주거형태별 생활폐기물의 배출특성은 각 가정을 직접 방문 및 종량제 봉투를 수거하여 경과일수, 폐기물 부피, 겉보기 밀도, 발생원단위 등을 조사하였다. 겉보기 밀도는 종량제 봉투내 총 무게를 측정 후 봉투의 부피로 나누어 계산하였다. 폐기물 발생원단위는 폐기물의 종량을 거주인원 및 경과일수로 나누어 1인당 1일 배출되는 폐기물량으로 산정하였다.

매립장으로 반입되는 배출원별 생활폐기물은 수집운반차로부터 직접 채취하였으며, 시료의 조정은 여러 가지 방법이 있으나 본 조사에서는 원추 4분법을 적용하여 시료를 여러번 축소시키고 시료로서 5~10kg을 채취하였다. 원추 4분법은 시료를 원추형으로 적체시키고 맨위의 정점으로부터 수직으로 밀어내리는 것 같이 하여 원추대를 만들며, 이러한 조작을 2~3회 반복한다. 평평하게 만든 원추대를 4등분하고 2개의 부분을 무작위로 선정하여 시료로 한다. 축분도중 조대형 폐기물 등 파쇄하기 어려운 것은 미리 별도로 추출하여 놓고, 최종적으로 이것들을 잘게 잘라 시료에 추가하였다. 폐기물의 겉보기 밀도는 현장에서 일정한 부피의 플라스틱 용기에 시료를 가득 넣고 30cm 높이의 위치에서 3회 낙하시키고, 감소된 부피만큼 시료를 추가하여 반복한 후 용기부피에서 더 이상의 감소가 없을 때까지 반복 수행하여 단위 부피당 중량( $\text{kg}/\text{m}^3$ )으로 산정하였다. 실험은 3회 이상 반복하여 산술평균하였다. 물리적 조성은 가연성 물질의 경우 음식물류, 종이류, 섬유류, 비닐·플라스틱류, 목재류, 고무·가죽류, 가연성 기타로 구분하였으며, 불연성물질의 경우 유리·도자기류, 철금속, 비철금속, 연탄재, 불연성 기타로 분류하고 가능한 기타 성분으로 분류되는 것이 없도록 세밀한 분류 작업을 실시하였다.

함수비는 일정량의 쓰레기를 건조기에서  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 로 2시간 건조시킨 후 데시케이터에서 항량이 될 때까지 방냉하여 초기 쓰레기 무게에 대한 수분함량을 백분율로 산정하였으며, 회분은 수분함량

추정 후 건조시료를 2mm이하로 분쇄하여 800~900℃의 전기로에서 연소시켜 남은 회분의 양으로 산정하였다. 또한, 가연분은 수분과 회분 함량을 제외한 나머지량으로 산출하였다.

한편, 발열량은 소각로의 설계와 운영시 중요한 인자로 고려되고 있는데 발열량 분석은 1261 ISOPERIBOL BOMB CALORIMETER를 이용하여 건조시료를 분쇄한 후 펠렛(pellet) 형태로 만들어 측정하였다. 그리고 펠렛 형태로 만들기 어렵거나 시험 중 산소의 분사로 인해 펠렛 상태가 깨질 우려가 있는 시료에 대해서는 열량계용 tissue paper에 싸서 건조고위발열량을 측정하였다. 또한, 저위발열량은 건조고위발열량으로부터 수증기의 응축잠열을 빼고 폐기물 내 수분을 증발시키는데 필요한 열량을 빼 값으로 계산하였으며, 계산은 다음식을 이용하였다.

$$H_l \text{ (kcal/kg)} = H_h - 600(9H + W)/100 \\ = H_h - 6(9H + W)$$

- 여기서,  $H_h$  : 고위발열량(kcal/kg),
- $H_l$  : 저위발열량(kcal/kg)
- $H$  : 원소분석에 의한 수소의 조성비(%)
- $W$  : 수분함량(%)

### Ⅲ. 조사 결과 및 고찰

#### 1. 주거형태별 폐기물 배출특성

주거형태별 배출특성 조사결과를 다음 Table 1에 제시하였다. 각 계절별 경과일수는 G시의 경우 평균 3.7~4.6일, Y군은 3.6~5.2일로 조사되었으며, 여름철이 타 계절에 비해 경과일수가 짧은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 여름철이 타 계절에 비해 유기물의 부패가 빨리 진행됨으로 인해 배출시기가 앞당겨지는 것에 기인되는 것으로 사료된다. 또한, 주거형태별 경과일수는 단독주택과 비주거주택에서 발생하는 폐기물의 경과일수가 다른 주거형태에 비해 높은 것으로 나타났다.

겉보기 밀도는 G시의 경우 평균 137.9~191.9g/L로 나타났으며, Y군은 157.3~238.3g/L로서 전체적인 계절별 겉보기 밀도는 Y군이 다소 높

은 것으로 조사되었다. 계절별 겉보기 밀도는 가을철이 높게 나타났는데 이러한 결과는 가을철의 경우 김장을 하는 과정에서 배출되는 폐기물이 유입되는 것에 기인되는 것으로 판단된다. 또한, 평균 겉보기 밀도는 G시 159.9g/L, Y군 188.8g/L로서 윤과 박이<sup>3)</sup> 보고한 군단위 지역의 평균 밀도인 136.7g/L와 이<sup>4)</sup>가 보고한 경기 동부지역의 평균 136.5g/L보다는 높게 배출되는 것으로 나타났으나 허 등이<sup>5)</sup> 보고한 순천시의 평균 305g/L보다는 낮게 배출되는 것으로 조사되었다.

1일 1인당 발생량은 G시의 경우 봄 0.252, 여름 0.384, 가을 0.352, 겨울 0.187kg/cap/d로 나타났으며, 평균 발생원단위는 0.294kg/cap/d로 조사되었다. Y군은 봄 0.174, 여름 0.227, 가을 0.259, 겨울 0.136kg/cap/d로 나타났으며, 평균 발생원단위는 0.199kg/cap/d로서 G시의 평균 발생원단위에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 한편, 이러한 결과는 기 보고된<sup>6~7)</sup> 0.22~0.5kg/cap/d의 자료와 비교해 볼 때 유사하거나 다소 낮은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 지역적 특성, 소득수준, 생활방식, 조사 기간 등의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

## 2. 배출원별 발생특성

### 2.1 겉보기 밀도 및 조성비

G시의 봄철 조사결과를 살펴보면 겉보기 밀도는 전체적으로 97~193 kg/m<sup>3</sup>의 범위를 보였으며, 농촌지역 및 상가지역에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 다소 높고, 공공시설에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 비교적 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 농촌지역 및 상가지역의 경우 수분함량이 높은 음식물의 발생량이 많은 것에 기인되며, 공공시설의 경우 상대적으로 겉보기 밀도가 낮은 종이류가 많음으로 인해 겉보기 밀도가 낮게 측정된 것으로 판단된다. 한편, 주거지역의 경우 단독주택의 겉보기 밀도가 아파트에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도보다 다소 높게 나타났는데 이러한 결과는 겉보기 밀도가 상대적으로 높은 음식물류가 아파트에서와 같이 분리 배출이 잘 이루어지지 않는 것에 기인되는 것으로 사료된다. 발생원별 폐기물의 조성비는 전체적으로 가연성

물질의 경우 단독주택, 공동주택, 상가지역 및 농촌지역에서 음식물류가 차지하는 비율이 높으므로 조사되었으며, 공공시설의 경우 종이류의 발생이 많은 것으로 나타났다. 불연성 물질은 전체적으로 유리·도자기류 및 철금속, 비철금속이 발생하는 것으로 조사되었다.

G시의 여름철 조사시 겉보기 밀도는 106~255 kg/m<sup>3</sup>의 범위로서 봄철에 비해 겉보기 밀도가 증가한 것으로 나타났으며 이는 기후 등 계절적 영향에 기인되는 것으로 판단된다. 또한, 농촌지역에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 가장 높고, 공공시설에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 낮은 것으로 조사되었다. 주거지역의 경우 1차 조사와 유사하게 단독주택의 겉보기 밀도가 아파트에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도보다 다소 높게 나타났

는데 이러한 결과는 겉보기 밀도가 상대적으로 높은 음식물류가 아파트에서와 같이 분리 배출이 잘 이루어지지 않은 것에 기인되는 것으로 사료된다.

Y군의 봄철과 여름철 조사결과를 다음 Table 3에 제시하였다. 봄철의 겉보기 밀도는 83~176kg/m<sup>3</sup>의 범위로서 H-B면에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 가장 낮고, Y-Y읍에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 가장 높은 것으로 조사되었다. 폐기물의 조성비는 전체적으로 가연성 물질은 음식물류 및 종이류가 차지하는 비율이 높은 것으로 조사되었으며, 조사항목 중 고무류의 발생량이 가장 적은 것으로 나타났다. 불연성 물질은 유리·도자기류 및 철금속이 발생하는 것으로 나타났으며, 전체 폐기물 발생량의 3.83%를 차지하는 것으로 조사되었다.

Table 1. The characteristics of municipal solid wastes generated from different sources.

구분	G City				Y Gun				
	경과일수 (일)	폐기물부피 (L)	겉보기밀도 (g/L)	발생원단위 (kg/cap/d)	경과일수 (일)	폐기물부피 (L)	겉보기밀도 (g/L)	발생원단위 (kg/cap/d)	
봄	단독	5.4	21.6	131.9	0.161	4.6	15.6	152.4	0.129
	아파트	4.2	15.7	166.3	0.267	3.0	20.0	160.0	0.224
	연립	3.0	13.3	202.8	0.346	-	-	-	-
	비주거	5.0	11.7	105.9	0.233	4.0	18.0	159.4	0.169
	평균	4.4	15.6	151.7	0.252	3.9	17.9	157.3	0.174
여름	단독	4.6	22.4	139.0	0.192	3.7	18.3	166.5	0.188
	아파트	3.8	16.2	178.0	0.308	3.0	20.0	185.0	0.225
	연립	2.7	11.7	190.0	0.233	-	-	-	-
	비주거	3.7	16.7	124.7	0.280	4.0	10.0	215.0	0.269
	평균	3.7	16.8	157.9	0.384	3.6	16.1	188.8	0.227
가을	단독	4.7	21.4	127.7	0.247	5.3	27.3	190.0	0.198
	아파트	3.1	16.1	176.7	0.327	3.0	20.0	209.5	0.308
	연립	3.0	10.7	321.7	0.494	-	-	-	-
	비주거	4.7	24.3	141.6	0.338	7.0	12.0	315.4	0.270
	평균	3.9	18.1	191.9	0.352	5.1	19.8	238.3	0.259
겨울	단독	4.9	20.3	125.5	0.157	5.7	19.3	129.8	0.109
	아파트	4.0	13.4	127.6	0.140	3.0	15.0	140.0	0.124
	연립	3.7	9.3	189.1	0.242	-	-	-	-
	비주거	5.7	23.3	109.4	0.207	7.0	10.0	243.0	0.174
	평균	4.6	16.6	137.9	0.187	5.2	14.8	170.9	0.136

Table 2. The physical characteristics of municipal solid wastes generated from G city.

구 분		중량 (kg)	겉보기 밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	조 성															
				가 연 성								불 연 성							
				음식물	종이류	섬유류	비닐·플라스틱류	목재류	고무·가죽류	가연성 기타	소계	유리도자기류	철금속	비철금속	연탄재	불연성 기타	소계		
남	주거 지역	10.26	172	중량 (kg)	3.01	2.90	1.71	2.10	0.04	0.02	-	9.78	0.46	0.01	0.01	-	-	0.48	
				비율 (%)	29.34	28.27	16.67	20.47	0.39	0.19	-	95.32	4.48	0.10	0.10	-	-	-	4.68
	공동 주택	9.80	153	중량 (kg)	2.84	4.06	0.58	1.98	0.06	0.04	-	9.56	0.20	0.04	-	-	-	0.24	
				비율 (%)	28.98	41.43	5.92	20.20	0.61	0.41	-	97.55	2.04	0.41	-	-	-	-	2.45
	상가 지역	시장	9.63	181	중량 (kg)	3.70	3.75	0.31	1.42	0.04	0.03	-	9.25	0.24	0.14	-	-	-	0.38
					비율 (%)	38.42	38.94	3.22	14.75	0.42	0.31	-	96.05	2.49	1.45	-	-	-	-
농촌 지역	G면	10.82	193	중량 (kg)	3.15	3.36	1.10	1.80	0.10	0.05	-	9.56	1.06	0.08	0.12	-	-	1.26	
				비율 (%)	29.11	31.05	10.17	16.64	0.92	0.46	-	88.35	9.80	0.74	1.11	-	-	-	11.65
공공 시설	학교	8.85	97	중량 (kg)	0.18	6.81	0.01	0.23	0.04	0.01	-	7.28	1.21	0.34	0.02	-	-	1.57	
				비율 (%)	2.03	76.95	0.11	2.60	0.45	0.11	-	82.26	13.67	3.84	0.23	-	-	-	17.74
여	주거 지역	16.43	235	중량 (kg)	5.66	5.86	1.32	2.82	0.02	0.12	-	15.80	0.37	0.26	-	-	-	0.63	
				비율 (%)	34.45	35.67	8.03	17.16	0.12	0.73	-	96.17	2.25	1.58	-	-	-	-	3.83
	공동 주택	12.56	179	중량 (kg)	3.56	5.20	0.75	2.36	0.10	0.10	-	12.07	0.39	0.10	-	-	-	0.49	
				비율 (%)	28.34	41.40	5.97	18.79	0.80	0.80	-	96.10	3.11	0.80	-	-	-	-	3.90
	상가 지역	시장	12.98	185	중량 (kg)	5.46	4.50	0.18	1.50	0.12	0.16	-	11.92	0.92	0.14	-	-	-	1.06
					비율 (%)	42.06	34.67	1.39	11.56	0.92	1.23	-	91.83	7.09	1.08	-	-	-	-
농촌 지역	G면	17.88	255	중량 (kg)	5.62	6.86	1.72	2.61	0.06	0.01	-	16.88	0.62	0.38	-	-	-	1.00	
				비율 (%)	31.43	38.37	9.62	14.60	0.34	0.06	-	94.41	3.47	2.13	-	-	-	-	5.59
공공 시설	학교	7.44	106	중량 (kg)	1.40	2.24	0.08	0.68	0.22	1.04	-	5.66	1.22	0.56	-	-	-	1.78	
				비율 (%)	18.82	30.11	1.08	9.14	2.96	13.98	-	76.08	16.40	7.53	-	-	-	-	23.92

Y군의 여름철 조사시 겉보기 밀도는 전체적으로 145~208kg/m<sup>3</sup>의 범위로서 S면에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 가장 낮고, S-Y면에서 발생하는 폐기물의 겉보기 밀도가 가장 높은 것으로 조사되었다. 또한, 여름철에 조사한 2차조사의 경우 전체적으로 1차조사시에 비해 겉보기 밀도가 증가한 것으로 나타났으며, 이는 기후 등의 계절적 요인 변화에 따른 폐기물의 수분함량 증가에 기인되는 것으로 판단된다. 폐기물의 조성비를 살펴보면 전체적으로 가연성 물질의 경우 봄철 조사와

유사하게 음식물류 및 종이류가 차지하는 비율이 높은 것으로 조사되었으나, 종이류는 봄철 조사에 비해 비율이 낮은 것으로 나타났는데 이는 여름철에 실시한 2차 조사의 경우 관광객 증가로 인한 쓰레기 발생량 증가에 따른 계절적 요인변화에 따른 상대적으로 불연성 물질 및 비닐·플라스틱류의 배출량 증가에 기인되는 것으로 판단된다. 여름철 조사시 불연성 물질은 유리·도자기류, 철금속 및 비철금속이 발생하는 것으로 나타났으며, 전체 폐기물 발생량의 17.75%를 차지하는 것으로 조사되었다.

Table 3. The physical characteristics of municipal solid wastes generated from Y gun.

구 분	중량 (kg)	겉보기 밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	조									성							
			가 연 성									불 연 성							
			음식물	종이류	섬유류	비닐·플라스틱류	목재류	고무·가죽류	가연성 기타	소계	유리·도자기류	철금속	비철금속	연탄재	불연성 기타	소계			
봄	H-N면	10.92	156	중량(kg)	4.40	3.32	0.72	1.82	0.33	0.01	-	10.6	0.26	0.06	-	-	-	0.32	
				비율(%)	40.29	30.40	6.59	16.67	3.02	0.09	-	97.07	2.38	0.55	-	-	-	-	2.93
	H-B면	5.79	83	중량(kg)	2.40	1.75	0.14	1.00	0.14	0.10	-	5.53	0.26	-	-	-	-	0.26	
				비율(%)	41.45	30.22	2.42	17.27	2.42	1.73	-	95.51	4.49	-	-	-	-	-	4.49
	S-Y면	8.04	115	중량(kg)	2.87	3.12	0.39	1.36	0.04	0.02	-	7.80	0.18	0.06	-	-	-	-	0.24
				비율(%)	35.70	38.81	4.85	16.92	0.50	0.25	-	97.01	2.24	0.75	-	-	-	-	2.99
S 면	8.91	127	중량(kg)	4.42	2.64	0.02	0.98	0.42	0.03	-	8.51	0.06	0.34	-	-	-	-	0.40	
			비율(%)	49.61	29.63	0.22	11.00	4.71	0.34	-	95.51	0.67	3.82	-	-	-	-	4.49	
Y-Y읍	12.33	176	중량(kg)	4.20	5.44	0.92	1.28	0.10	0.03	-	11.97	0.32	0.04	-	-	-	-	0.36	
			비율(%)	34.06	44.12	7.46	10.38	0.81	0.24	-	97.08	2.60	0.32	-	-	-	-	2.92	
K-H면	10.32	147	중량(kg)	3.82	4.03	0.56	1.22	0.02	0.03	-	9.68	0.32	0.32	-	-	-	-	0.64	
			비율(%)	37.02	39.05	5.43	11.82	0.19	0.29	-	93.80	3.10	3.10	-	-	-	-	6.20	
여	H-N면	9.30	164	중량(kg)	3.08	2.44	0.14	1.20	0.20	0.86	-	7.92	0.88	0.50	-	-	-	1.38	
				비율(%)	33.12	26.24	1.51	12.90	2.15	9.25	-	85.16	9.46	5.38	-	-	-	-	14.84
	H-B면	13.83	198	중량(kg)	6.44	3.90	0.66	1.74	0.18	0.30	-	13.22	0.36	0.25	-	-	-	0.61	
				비율(%)	46.57	28.20	4.77	12.58	1.30	2.17	-	95.59	2.60	1.81	-	-	-	-	4.41
	S-Y면	14.56	208	중량(kg)	6.20	4.12	0.42	1.87	0.08	0.02	-	12.71	0.65	1.20	-	-	-	-	1.85
				비율(%)	42.58	28.30	2.88	12.84	0.55	0.14	-	87.29	4.46	8.24	-	-	-	-	12.71
S 면	10.12	145	중량(kg)	4.10	3.05	0.26	2.14	0.42	0.01	-	9.98	0.12	-	0.02	-	-	-	0.14	
			비율(%)	40.51	30.14	2.57	21.15	4.15	0.10	-	98.62	1.19	-	0.20	-	-	-	1.38	
Y-Y읍	10.94	189	중량(kg)	3.80	2.68	0.28	1.25	0.04	0.01	-	8.06	2.88	-	-	-	-	-	2.88	
			비율(%)	34.73	24.50	2.56	11.43	0.37	0.09	-	73.67	26.33	-	-	-	-	-	26.33	
K-H면	9.12	167	중량(kg)	2.80	2.56	0.80	1.26	0.16	0.44	-	8.02	1.10	-	-	-	-	-	1.10	
			비율(%)	30.70	28.07	8.77	13.82	1.75	4.82	-	87.94	12.06	-	-	-	-	-	12.06	

2.2 삼성분

G시의 배출원별 삼성분 분석결과를 Fig. 1에 제시하였다. 수분은 상가지역이 음식물류 배출에 기인하여 가장 높은 42.5~45.9%를 보였고, 농촌지역 37.6~43.4%, 단독주택 32.4~38.4%, 공동주택 29.3~32.3% 그리고 공공시설이 종이류의 배출에 기인하여 가장 낮은 6.8~26.9%의 범위를 보이는 것으로 나타났으며, 전체적으로 여름철의 수분함량이 봄철에 비하여 증가하는 것으로 조사되었다. 한편, 임 등은<sup>1)</sup> 강원내륙지역의 C시를 대상으로 연구를 수행한 결과 단독주택 53.5%, 공동주택 56.8%, 상가지역 55.6%를 보고하였는데 본 연구결과와 비교해보면 동해안 지역에서 발생하는 폐기물의 수분함량이 낮은 것으로 나타났으며, 이는 폐기물 배출 형태, 기후적 특성, 분리수거 여부 등의 원인에 기인되는 것으로 판단된다. 또한, 윤과 박<sup>3)</sup>의 연구에 의하면 배출원별 수분함량은 단독주택이 가장

높고, 공동주택과 상가지역의 수분함량이 낮은 것으로 보고하였는데 본 연구에서는 상가지역이 가장 높은 수분함량을 보이는 것으로 조사되었다. 가연분은 공공시설이 63.0~84.3%로 가장 높았으며, 상가지역이 45.4~47.2%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 회분은 전체적으로 3.2~10.2%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

Y군에서 발생하는 배출원별 폐기물의 삼성분 분석결과를 Fig. 2에 제시하였다. 수분은 봄철이 34.2~44.1%, 여름철은 43.8~53.6%의 범위로서 여름철의 수분함량이 계절적 특성에 기인하여 봄철에 비해 높은 것으로 나타났다. Y군의 수분함량 조사 결과는 윤과 박<sup>3)</sup> 군단위지역 조사결과인 39~57%의 범위와 유사한 수치이다. 가연분은 봄철 49.9~59.2%, 여름철 38.7~51.2%로 조사되었으며 여름철의 가연분 함량이 상대적 수분함량 증가에 기인하여 봄철에 비해 감소되는 것으로 나타났다.

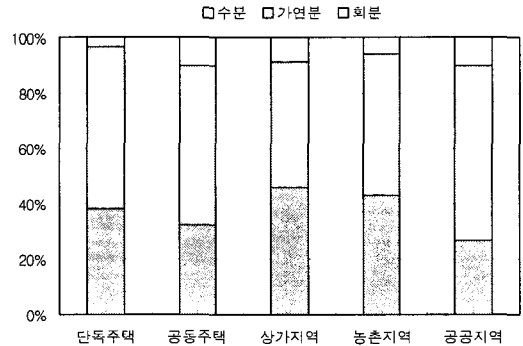
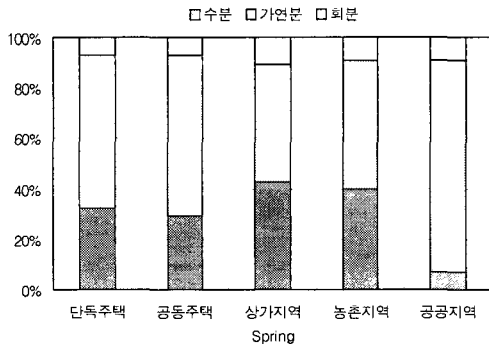


Fig. 1. Three components of municipal solid wastes by generation sources (G city).

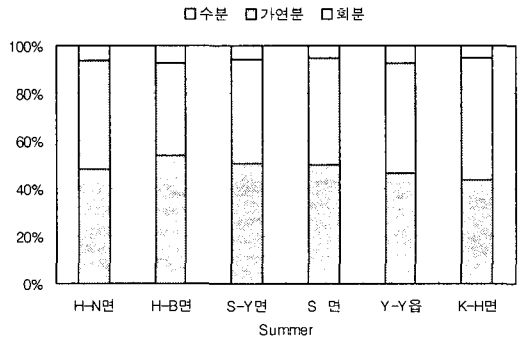
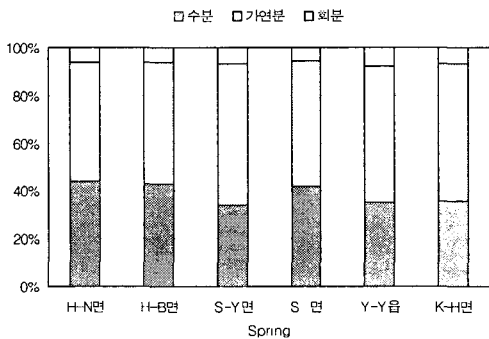


Fig. 2. Three components of municipal solid wastes by generation sources (Y gun).

### 2.3 발열량 분석

발열량은 소각로를 설계할 때 가장 기본이 되는 폐기물의 질적 특성으로 폐기물 1kg이 완전 연소되어 이산화탄소와 수증기(혹은 물) 등을 생성하는 과정에서 발생하는 열량을 의미한다. 고위발열량은 폐기물 등의 피연소대상 물질이 완전 연소되어 이산화탄소와 물이 생성되는 과정에서 발생하는 총 열량을 의미하며, 고위발열량에서는 수증기 대신 생성물을 물로 간주하기 때문에 수증기가 물로 변환되기 위해 필요한 잠열을 포함한다. 저위발열량은 고위발열량과 달리 최종 산물을 물이 아닌 수증기로 간주하기 때문에 잠열을 고려하지 않는다. 그러므로 고위발열량에서 수증기의 잠열을 빼주게 되면 저위발열량을 결정할 수 있다. 보통 연소되어 배출될 때는 수증기 상태로 배출되기 때문에 연소와 관련된 발열량의 경우에는 저위발열량을 사용한다.

G시 및 Y군의 폐기물 조성별 발열량 분석결과를 Table 4에 제시하였다. G시의 봄철 조사시 건조고위발열량은 음식물류 1,130.5~1,490.2 kcal/kg, 종이류는 2,588.8~3,236.2 kcal/kg의 범위를 보이는 것으로 조사되었으며, 비닐·플라스틱류의 경우 6,999.4~8,980.7 kcal/kg로 나타났다. 전체적으로 건조고위발열량의 경우 비닐·플라스틱류의 발열량이 가장 높고, 음식물류의 발열량이 가장 낮은 것으로 조사되었다. 발생원별 습윤고위발열량은 상가지역, 농촌지역이 낮게 나타났으며, 공공시설의 발열량이 높은 것으로 조사되었다. 한편, 소각로 설계시 기준이 되는 습윤저위발열량은 습윤고위발열량을 습윤저위발열량으로 환산하여 산정하였으며, 상가지역이 1,214.7 kcal/kg으로 가장 낮고, 공공시설이 2,540.7kcal/kg으로 가장 높은 것으로 나타났다. 전체적으로 저위발열량의 경우 공공시설의 폐기물이 높은 것으로 나타났으며, 상가지역이나 농촌지역의 경우 음식물류의 발생량이 많음으로 인해 저위발열량이 낮게 나타났다. 여름철 조사시 건조고위발열량은 음식물류의 경우 1,030.6~1,642.3 kcal/kg, 종이류는 2,755.3~4,211.9 kcal/kg의 범위를 보이는 것으로 조사되었으며, 비닐·플라스틱류의 경우 7,125.4~9,816.3 kcal/kg로 나타났다. 발생원별 습윤고위발열량은 봄철 조사와 동

일하게 상가지역, 농촌지역이 낮게 나타났으며, 공공시설의 발열량이 가장 높은 것으로 조사되었다. 한편, 습윤저위발열량은 상가지역이 1,125.5kcal/kg으로 가장 낮고, 공공시설이 2,446.0kcal/kg으로 가장 높은 것으로 나타났다. 전체적으로 저위발열량은 봄철 조사와 동일하게 공공시설의 폐기물이 높게 나타났으며, 상가지역이나 농촌지역의 경우 음식물류의 발생량과 수분함량 등으로 인해 저위발열량이 낮은 것으로 조사되었다. 또한, 발열량의 경우 일반적으로 계절적 영향으로 인하여 3~5월에는 높고, 여름철인 7~8월에는 상대적으로 낮는데 본 조사결과에서도 봄철에 비해 여름철의 발열량이 다소 낮은 것으로 나타났다.

Y군의 폐기물 조성별 발열량 분석결과를 살펴보면 봄철 조사시 건조고위발열량은 음식물류 1,250.3~1,550.5kcal/kg, 종이류 3,515.74~4,450.25kcal/kg의 범위를 보이는 것으로 조사되었으며, 비닐·플라스틱류는 8,603.21~9,939.65kcal/kg로 나타났다. 전체적으로 건조고위발열량은 G시와 동일하게 비닐·플라스틱류의 발열량이 가장 높고, 음식물류의 발열량이 가장 낮은 것으로 조사되었다. 발생원별 습윤고위발열량은 S면, H-N면이 낮게 나타났으며, S-Y면과 Y-Y읍의 발열량이 높은 것으로 조사되었다. 한편, 습윤저위발열량은 S면이 1,274.5 kcal/kg로 가장 낮고, S-Y면과 Y-Y읍은 2,049.7~2,062.3kcal/kg로 가장 높은 것으로 나타났다. 여름철 조사시 건조고위발열량은 음식물류 2,057.90~2,821.55 kcal/kg, 종이류 3,124.55~4,242.61kcal/kg의 범위를 보이는 것으로 조사되었으며, 비닐·플라스틱류는 8,151.27~9,847.26 kcal/kg로 높게 나타났다. 습윤고위발열량은 S-Y면, H-B면이 낮고, Y-Y읍과 K-H면의 발열량이 높은 것으로 조사되었다. 한편, 소각로 설계시 기준이 되는 습윤저위발열량은 H-B면, S-Y면이 약 1,100kcal/kg으로 가장 낮고, Y-Y읍과 K-H면이 1,735.2~1,793.2kcal/kg로 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, 여름철 조사시 평균 습윤저위발열량은 G시와 동일하게 봄철 조사시에 비해 낮은 것으로 나타났으며, 이는 기후 등의 계절적 요인에 기인되는 것으로 판단된다.



Table 4. Heating value of municipal solid wastes generated from G city and Y gun.

종류		건조 고위발열량(kcal/kg)							습윤고위 발열량 (kcal/kg)	습윤저위 발열량 (kcal/kg)	
		음식물류	종이류	섬유류	비닐·플라 스틱류	목재류	고무· 가죽류	평균	평균	평균	
G시	봄	단독주택	1,280.4	2,826.6	3,963.8	8,385.0	4,407.6	5,424.1	3,754.9	2,539.4	1,943.3
		공동주택	1,386.5	3,236.2	5,453.4	8,192.2	4,442.4	5,839.8	3,866.1	2,733.7	2,140.0
		상가지역	1,434.2	2,588.8	4,652.9	8,889.8	4,380.5	4,545.3	3,177.5	1,825.7	1,214.7
		농촌지역	1,320.7	2,723.2	7,168.4	8,907.7	4,562.8	4,609.8	3,966.1	2,474.8	1,851.5
		항공시설	1,490.2	3,054.6	5,763.2	8,009.6	4,535.8	5,753.2	3,188.0	2,969.9	2,540.7
	여름	단독주택	1,387.7	4,060.6	3,866.7	9,221.9	4,270.3	5,216.5	4,017.1	2,474.2	1,847.9
		공동주택	1,483.1	3,150.2	3,951.3	9,816.3	4,740.5	5,327.9	4,042.9	2,736.2	2,125.2
		상가지역	1,392.9	3,400.6	3,896.1	9,142.8	4,301.3	5,037.4	3,242.1	1,752.8	1,125.5
		농촌지역	1,642.3	4,211.9	3,792.0	8,185.3	4,804.6	4,891.3	3,930.5	2,226.0	1,574.2
		항공시설	1,330.5	3,654.3	4,411.6	9,497.2	4,884.6	5,325.6	4,147.1	3,031.8	2,446.0
Y군	봄	H N면	1324.5	3515.7	6334.6	8603.2	4212.3	4322.2	3693.6	2064.9	1381.2
		H B면	1520.3	3964.7	4900.9	9452.0	4278.3	4635.2	3939.9	2249.3	1595.8
		S Y면	1340.6	3921.6	4121.5	9939.7	4301.8	4340.1	4034.2	2654.4	2062.3
		S 면	1250.3	4450.3	4539.2	9085.2	4275.9	4508.3	3313.8	1930.2	1274.5
		Y Y읍	1550.5	4372.3	6658.761	9714.7	4266.9	4662.8	4129.1	2676.9	2049.7
	여름	K H면	1330.9	4154.2	6023.6	9197.5	4309.9	4255.9	3784.5	2440.2	1914.8
		H N면	2102.6	3389.6	3929.1	8913.3	4811.8	4213.3	3860.9	2003.0	1286.5
		H B면	2479.0	4153.4	5296.0	8209.2	4838.4	4032.5	3935.2	1824.0	1110.3
		S Y면	2209.4	3396.3	3095.1	8661.9	4732.5	4011.7	3591.5	1786.7	1104.4
		S 면	2057.9	3124.6	4308.5	8217.3	4653.2	4322.6	3874.8	1941.1	1226.9
여름	Y Y읍	2821.6	4242.6	6125.3	9847.3	4720.2	4352.7	4509.7	2432.3	1735.2	
	K-H면	2740.2	3536.9	5533.3	8151.3	4805.9	4134.2	4240.9	2384.2	1793.2	

### 3. 월별 폐기물 발생특성

G시의 최근 4년간 월별 생활계 폐기물 발생현황을 살펴보면 전체적으로 겨울철 1~2월이 평균 153.0~165.3톤/일로 가장 적게 발생되는 것으로 나타났다. 가장 많은 폐기물이 발생한 9월은 평균 536톤/일이 발생된 것으로 나타났는데 이는 2002년의 수해로 인해 폐기물량이 증가된 것에 기인되

며, 9월뿐만 아니라 10월~12월까지도 그 영향으로 인해 폐기물 발생량이 예년에 비해 증가한 것으로 나타났다. 한편, 전체적으로 봄 때 8월~12월의 폐기물 발생량이 지역적 특성, 관광객 증가, 기후 및 계절적 요인 등의 원인으로 인하여 210톤/일 이상으로 많이 발생되는 것으로 조사되었다.

Y군의 월별 생활계 폐기물 발생량은 각 년도별 자료축적이 이루어지지 않은 관계로 인하여 2003

년도만의 자료를<sup>8)</sup> 이용하였으며, 지역적 특성으로 인해 관광객으로 인한 유동인구가 많은 여름철 7~8월에 발생량이 집중되었으며 각 조사지점 모두 쓰레기 발생량이 증가하였다. 이는 동해안 각 지역의 간이 해수욕장 및 계곡등의 개발로 관광객의 유입이 어느 한 지역에 편중되지 않고 Y군 전 지역에 걸쳐 유입되기 때문인 것으로 사료된다. 특히, 발생량이 가장 많은 8월의 발생량은 178톤/일로서 평균발생량의 2.7배에 해당하는 것으로 조사되었으며, 기타 동절기에는 평균 대비 60~70% 정도만이 배출되는 것으로 조사되었다.

#### IV. 결 론

생활폐기물을 효율적으로 처리·처분하는데 필요한 주거형태별 및 배출원별 생활폐기물의 배출 특성을 파악하기 위하여 동해안에 위치한 시·군을 선정하여 조사를 수행하였으며, 조사결과는 다

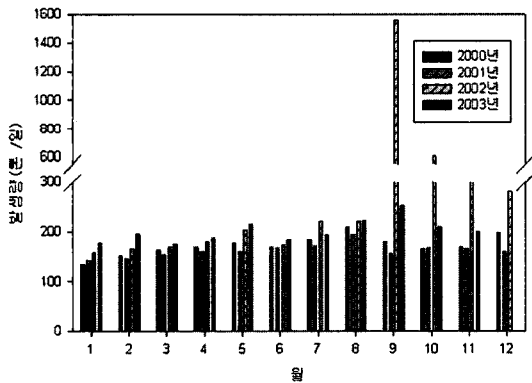


Fig. 3. The amount of municipal solid wastes with each month (G city).

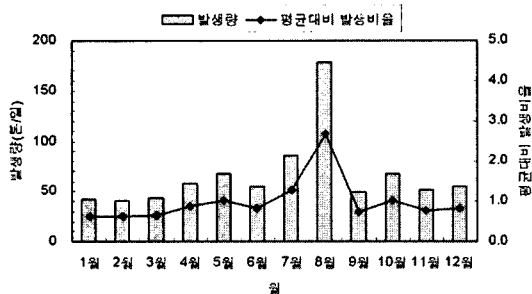


Fig. 4. The amount of municipal solid wastes with each month (Y gun).

음과 같다.

1. 각 계절별 경과일수는 G시의 경우 평균 3.7~4.6일, Y군은 3.6~5.2일로 조사되었으며, 여름철이 타 계절에 비해 경과일수가 짧은 것으로 나타났다. 또한, 주거형태별 경과일수는 단독주택과 비주거주택에서 발생하는 폐기물의 경과일수가 다른 주거형태에 비해 높은 것으로 나타났다.
2. 결보기 밀도는 G시의 경우 평균 137.9~191.9g/L, Y군은 157.3~238.3g/L로서 전체적인 계절별 결보기 밀도는 Y군이 다소 높은 것으로 조사되었다. 또한, 계절별 결보기 밀도는 가을철이 높게 나타났는데 이러한 결과는 가을철의 경우 김장을 하는 과정에서 배출되는 폐기물이 유입되는것에 기인되는 것으로 판단된다.
3. 1일 1인당 평균 발생 원단위는 G시의 경우 0.294kg/cap/d, Y군은 0.199kg/cap/d로 조사되었다.
4. G시의 배출원별 발생 폐기물의 수분은 상가지역이 가장 높은 42.5~45.9%를 보였으며, 농촌지역 37.6~43.4%, 단독주택 32.4~38.4%, 공동주택 29.3~32.3% 그리고 공공시설이 가장 낮은 6.8~26.9%의 범위를 보이는 것으로 나타났다. 가연분은 공공시설이 63.0~84.3%로 가장 높았으며, 상가지역이 45.4~47.2%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. Y군에서 발생하는 폐기물의 수분은 봄철 34.2~44.1%, 여름철은 43.8~53.6%의 범위로 나타났으며, 가연분은 봄철 49.9~59.2%, 여름철 38.7~51.2%로 조사되었다.
5. G시의 발생원별 저위발열량은 공공시설의 폐기물이 높은 것으로 나타났으며, 상가지역이나 농촌지역의 경우 음식물류의 발생량이 많음으로 인해 저위발열량이 낮게 나타났다. Y군의 폐기물 발생원별 습윤저위발열량은 Y-Y읍이 가장 높은 것으로 나타났으며 G시에 비해 전체적인 발열량이 낮은 것으로 조사되었다.

#### Reference

1. 임재명, 강성환, 김병욱, 심무경 : 도시 생활쓰레기의 배출특성에 따른 효율적 관리방안 연구, 한국환경정책학회지, 제5권, 제2호, pp. 233-242

- . 1997.
2. Wilson, D. C., Waste Management, Planning, Evaluation, Technologies, Clarendon Press, Oxford .1981.
  3. 윤성윤, 박소영 : 군단위지역에서 배출된 생활폐기물의 물리·화학적 조성 분석에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 제14권, 제4호, 367-373. 1997.
  4. 이건주 : 경기 동부지역 폐기물의 성상 및 물리·화학적 특성연구, 한국폐기물학회지, 제19권, 제4호, pp. 473-480. 2002
  5. 허관, 고오석, 왕승호 : 순천시 생활 쓰레기의 계절별 조성 및 물리·화학적 특성에 관한 연구, 폐기물 자원화, 제9권, 제4호, pp. 105-110. 2001.
  6. 환경부 : 2001 전국 생활폐기물 발생 및 처리현황. 2002.
  7. 허관, 문옥란, 왕승호 : 순천시의 생활폐기물 발생량 예측 및 재활용시설의 용량산정에 관한 연구, 폐기물자원화, 제9권, 제4호, pp. 125-134. 2001.
  8. 양양군 : 양양군 폐기물 종합처리시설 조성사업 입지타당성조사 보고서. 2003.