

광양시 생활폐기물 소각시설 건설사업 기술용역 환경성 조사 및 기본계획수립

김용문 · 박비오 · 양고수

여수대학교 환경공학과

A study on the physicochemical properties of the municipal wastes to design a municipal waste incinerator in Kwangyang city

Yong Mun Kim · Bi Oh Park · Go Su Yang

Dept. of Environmental Engineering, Yosu National University

ABSTRACT

The physicochemical properties of Kwangyang municipal waste were analyzed in terms of bulk density, physical composition, moisture content, combustible and ash content, chemical element, and heating value. A representative waste sample was made by collecting samples at various locations in the city and considering weighting factor depending on the regional (residential, commercial, industrial sites) waste generating portion based on the last published reports regarding the waste generations on Kwangyang, Yosu, Suncheon cities by Korea Environmental Protection Agency. The Korean Waste Standard Methods were used to collect samples and analytical measurements.

The estimated bulk density of total waste was 211.8kg/m^3 , the average moisture content was 40%, the average combustible content was 48%, the average ash content was 12%. The average low heat value was $1,616\text{kcal/kg}$, which was little lower than the average one of the whole country. The result of chemical elemental analysis showed that most of the hazardous heavy metals such as As, Hg were not detected or negligible and the contents of sulfur and chloride were also relatively low.

Key Words : Municipal Wastes, Incinerator, Hazardous Wastes, Physical Composition, Leaching Test.

1. 서론

전국의 폐기물 발생량은 Fig. 1에서와 같이 1991년도까지는 연평균 9%가량의 증가율을 보였으나 1992년 이후부터는 조금씩 감소하는 추세를 보였고 그 후에는 소폭 증가하는 경향에 있다. 폐기물 발생량의 감소요인은 배출원에서의 원천적인 감량화 노력과 함께 종량제 실시에 따른 쓰레기 분리수거 및 재활용을 재고 등에 따른 것이며, 특히 음식물 쓰레기 및 연탄재 발생량의 감소가 크게 나타났다. 그러나 산업활동의 증가로 사업장폐기물과 건축폐기물은 급증하는 추세를 보이고 있다. 폐기물 종류별 추이를 보면 생활폐기물은 매년 감소하여 1995년에는 1994년에 비해 약 17.9%가 감소하였다. 그러나 최근 폐기물의 발생은 양과 질적 측면에서 우려할 만한 환경 위해 요소로서 일반인의 체감으로도 심각하게 받아들여져 우리사회의 큰 문제 중 하나로 대두되고 있다.

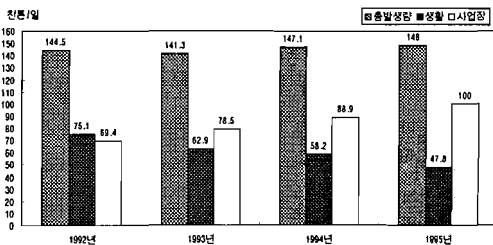


Fig. 1. Comparison of generation rate

발생된 폐기물은 수요와 공급의 원칙에 의한 재활용의 단계를 거쳐 최종적으로 처리 또는 처분하게 된다. 국내의 폐기물 처리는 아직도 거의 대부분 직매립이지만 근래 들어 일부지역에서는 소각+매립 처분을 실시하고 있다. 소각기술은 우리나라처럼 인구밀도가 매우 높고 국토가 좁아 매립지 확보의 어려움이 큰 경우에 폐기물 처리방법 중의 매우 중요한 방법중의 하나이며 특별히 매립기술이 지닌 장기간의 잠재적인 위해요소, 즉 유기물

분해시의 악취 및 침출수 발생에 의한 2차 환경오염에 대한 우려와 폐기물의 높은 열량에 대한 자원회수 측면에서 고려되고 있는 중요한 기술이다. 그러나 폐기물의 고온소각 처리시에 소각로의 운영조건 및 폐기물의 성상과 특성에 따라 국부적으로 불완전연소가 일어날 가능성이 항상 존재하기 때문에 이에 대한 많은 연구와 소각로의 운영상의 know-how 축적이 매우 중요하다고 하겠다. 특히 폐기물의 소각조건은 폐기물의 발열량을 비롯한 폐기물의 연소특성과 밀접한 관계가 있기 때문에 이에 대한 기초조사 및 연구 없이 소각로를 설계 및 운영한다는 것은 환경적으로 매우 위험한 일이라고 할 수 있겠다.

본 조사는 광양시 생활폐기물 소각시설의 환경성조사 및 기본계획을 수립하기 위한 기초조사의 일부로서 광양시의 주요 주거지역, 상가지역, 업무지역 및 농어촌지역을 대상으로 하여 생활 및 일반폐기물의 종류 및 성상, 원소분석, 발열량측정 등을 목적으로 하였다. 또한 대상 폐기물에 대한 원소분석 및 발열량측정을 통하여 소각시 소각로의 운영조건과 유해성분의 투입여부를 예측하였다.

2. 조사 및 실험방법

2.1. 조사방법

2.1.1. 표본산정방법

표본산정방법 및 표본 수는 광양시에서 선택한 주거지역(공동주택, 단독주택), 상업지역(쇼핑센터, 재래시장), 업무지역(관공서), 기타(공단, 가로, 농어촌)등 크게 4분류로 하였다. 시료 채취는 Table 1과 같이 배출원별 표본채취가 가능한 최소단위(주택 또는 사업장)를 기준으로 선정하였다. 생활폐기물은 종량제 봉투를 사용한 것만 시료로 선택하였으며 사업장 일반폐기물은 300kg/일 미만인 업체를 대상으로 하였다.

표본대상 지역별 시료의 조성별 특징을 폐기물 공정 시험 방법에 의거하여 분석 및 측정하였으며 이를 바탕으로 광양시의 생활 및 사업장의 일반 쓰레기에 대한 평균특성치를 추정하였다. 이를 위하여 Table 2와 같이 광양시와 유사한 도시형태를 가지는 여수, 여천, 순천시에 대한 환경부 조사결과에서 생활 및 사업장의 일반 폐기물에 대한 조성별 발생비율을 가중치로 이용하였다.

Table 1. Saming points and sample number.

대분류	중분류	소분류	1차 시료수	2차 시료수
주거 지역	공동주택	중마동 주공아파트	2	2
		광양제철 사랑아파트	2	2
		광양읍 빌라	2	2
	단독주택	광영동 주택은행 부근	2	2
		태인동 연관단지 부근	2	2
상가 지역	쇼핑센터	금호동 쇼핑센터	2	2
		광영동 쇼핑센터	-	2
	재래시장	광양읍 시장	2	2
업무 지역	관공서	광양 시청	1	1
		중마동 동사무소	-	1
기타	가로	광양읍 공용 터미널 앞	1	1
	공단	연관단지 현대 자동차 정비소	1	1
	농어촌	광양읍 무선마을	2	2
		육룡	-	2

Table 2. Comparison of generation source in Kwangyang areas (%)

구분 \ 도시	광양시	여천시	순천시	여수시	합계 평균
음식물, 채소류	69.01	47.06	58.56	41.95	54.15
종이류	4.23	7.35	13.51	9.27	8.59
나무류	2.82	7.35	9.91	20.49	10.14
고무, 피혁	0	1.47	4.50	3.41	2.35
플라스틱 (비닐류)	0	1.47	1.80	1.46	1.18
가연분기타	1.41	7.35	11.71	4.88	6.34
연탄재	0	4.41	0	9.76	3.54
금속류, 초자류	0	1.47	0	2.93	1.10
토사류	21.13	14.71	0	3.41	9.81
기타	1.41	7.35	0	2.44	2.80
합계 (%)	100	100	100	100	100

2.1.2. 시료채취

시료채취시 대표성이 있도록 비오는 날은 피하였지만 광양시를 비롯한 남부연안의 겨울 가뭄으로 인하여 자주 수거가 되지 않는 곳들은 수분증발의 우려가 있었다. 따라서 시료채취시 수분함량 등의 변화를 고려하여 가능한 신속히 시료를 채취하였다.

2.2. 물리화학적 특성 분석

2.2.1. 겉보기 밀도

0.15m³의 용기에 시료를 넣고 약 50cm의 높이에서 3회 낙하시킨 후 감소한 양만큼 보충하고 다시 같은 높이에서 낙하시키는 과정을 3회 반복한 후 시료의 총 무게를 용기부피로 나누었으며, 표본 쓰레기에 대한 측정치와 환경부 조사결과인 Table 2를 이용하여 전체 쓰레기의 겉보기 밀도를 추정하였다. Table 2에서 4개시의 생활 쓰레기의 발생량은 전체의 91%를 차지하고 사업장의 경우는 9%를 나타내고 있다. 대체적으로 생활폐기물의 경우 주거지역 및 시장을 비롯한 상가지역에서 발생하는 쓰레기가 대부분을 차지함으로 1차, 2차에 걸쳐 측정한 주거지역, 상가지역에 대한 겉보기 밀도를 평균하고 이에 0.91을 곱하여 가중시켰으며, 사업장의 경우는 공단의 1차, 2차 측정치 결과를 평균하여 0.09로 곱하고 이에 대한 합을 전체 쓰레기에 대한 겉보기 밀도로 하였다.

2.2.2. 물리적 조성

쓰레기의 물리적 조성분류를 위해 본 조사에서는 쓰레기를 크게 가연분과 비가연분으로 나누어 분석하였다. 가연분은 음식류, 종이류, 비닐류, 목재, 섬유, 고무, 피혁, 기타로 나누었고, 비가연분은 금속류, 유리 및 도자기, 연탄재로 나누었다. 쓰레기의 조성을 더 구체적으로 파악하기 위해 음식류는 음식과 채소, 종이류는 화장지, 우유팩, 신

문지, 잡지, 기저귀, 골판지, 비닐류는 필름류, 건고성, 발포성, 금속류는 알루미늄, 철금속, 비철금속으로 세분하여 조사하였다.쓰레기의 물리적 조성조사는 폐기물 공정시험법의 원추사분법에 따라 시행하였다.

물리적 조성별로 분리된 쓰레기는 각각의 무게를 측정한 후, 수분, 가연분, 회분을 측정하였으며 각각의 시료 일부를 용출실험, 원소분석 및 발열량 측정을 위해 페트리디쉬에 담아 4℃에서 냉장 보관하였다. 시료의 전처리하는 폐기물 공정시험 방법에 따라 실험하였으며 크게 두 가지로 나누어 하였다. 음식 및 채소 쓰레기는 믹서기를 사용하여 균일성을 유지하였으며 나머지 성분은 약 5mm이하로 파쇄하여 삼성분, 용출실험, 발열량, 원소분석에 사용하였다.

2.2.3. 삼성분분석

삼성분이라 함은 쓰레기의 수분함량과 연소가능한 가연분, 그리고 연소후에 재로 남는 양을 표시하는 회분을 말한다. 이들 삼성분은 쓰레기의 전체적인 질을 나타낼 뿐아니라, 쓰레기의 발열량을 개략적으로 예측할 수 있는 중요한 요소이다.

(1) 표본쓰레기에 대한 삼성분

포집된 쓰레기에 대한 삼성분의 측정을 위해 각 지역별로 각성분을 물리적 조성결과에 나타난 비율에 해당하는 량을 취하여 각 지역별 대표시료를 만들고 이로부터 적당량을 취하여 삼성분을 측정 분석하였다. 모든 대표시료 조성이나 성분분석방법은 폐기물공정시험방법에 준하여 실시하였다.

(2) 추정에 의한 광양시 일반 쓰레기의 삼성분

추정에 의한 겉보기 밀도의 계산과 유사한 방법으로 결과와 환경부 자료를 이용하여 생활 및 사업장 쓰레기에 대한 삼성분 비율을 추정하였다.

1차 및 2차의 주거지역 및 상가지역의 추정에 의한 삼성분 비율을 각각 평균하고 0.91을 가중치로 하였으며, 기타지역에 대한 1차, 2차 측정치를 각각 평균하여 0.09로 가중하고 이를 합하여 전체 쓰레기에 대한 삼성분의 비율로 추정하였다.

(3) 수분함량

조성별로 채취한 시료는 약 0.5cm의 크기로 파쇄한 후 drying oven을 이용하여 수분함량을 측정하였다. 증발접시는 미리 $105\pm5^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 건조시킨 다음 데시케이터 안에서 항량을 유지할 때까지 방냉하였다. 항량이 된 증발접시의 무게를 정밀히 측정하고, 여기에 시료를 담아 증발접시와 시료무게를 함께 정밀히 측정하였다. 종이류등 탈우려가 있는 시료들은 $80\pm5^{\circ}\text{C}$ 에서 3시간, 그 외에는 $105\pm5^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간 동안 건조시켜 데시케이터 안에 넣어 방냉하고 항량이 된 무게를 정밀히 측정하였다. 음식류나 기저귀 같은 시료는 4시간이 지나도 완전히 건조가 되지 않아서 12시간 동안 충분히 건조시켰다. 수분함량(%)은 (2)식에 의해서 계산되었다.

(4) 회분함량

도가니와 뚜껑을 $600\pm25^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 강열한 후 데시케이터 안에서 방냉한 다음 도가니와 뚜껑의 무게를 정밀히 측정하였다. 건조실험 후에 시료를 적당량 취하여 도가니, 뚜껑 그리고 시료의 무게를 정밀히 측정하였다. 여기에 25% 질산암모늄 용액을 넣어 시료를 적시고 뚜껑을 덮어 강열시 종이류나 필름류의 비산에 의한 시료의 손실이 없도록 하였다. 시료를 전기로(electric muffle furnace) 안에서 $600\pm25^{\circ}\text{C}$ 로 30분간 강열하고 데시케이터 안에서 방냉하여 그 무게를 정밀히 측정하였다.

2.2.4. 발열량

발열량은 소각로의 설계 및 운영측면에서 고려해야 할 매우 중요한 요소 중의 하나로서, 소각 후에 연소가스의 온도가 비교적 높아 수분이 증기상태로 존재하기 때문에 저위발열량을 이용하여 설계의 기준으로 삼는다.

발열량을 계산하는 방법에는 삼성분을 이용한 추정치에 의한 방법, 단열열량계에 의한 직접측정에 의한 방법, 폐기물의 원소분석의 결과를 이용한 방법 등의 세 가지가 있다. 추정식에 의한 방법이나 원소분석은 개략적인 발열량을 알고자 할 때에 이용되며 보다 정확한 분석을 위하여 단열열량계에 의한 실측을 통하여 발열량을 측정한다.

광양시의 가연성 쓰레기에 대한 발열량 추정을 위하여 용출실험에서 사용했던 방법과 유사한 방법을 사용하여 측정하였다. 가정으로는 대표시료의 각각의 조성비율이 Table 2에 나타난 것과 같이 1996년도, 여수, 여천, 순천, 광양시의 가연성 쓰레기조성에 대한 평균치와 동일하다고 가정하였다. 즉, Table 2에서 4개지역의 가연성 쓰레기가 전체의 쓰레기 중에서 차지하는 비율은 76.6%이며 이를 100%환산하면 음식물 및 채소류가 차지하는 비율이 76.4%, 종이류 11.2%, 나무류 13.3%, 고무 및 피혁류 3.1%, 플라스틱(비닐류)이 1.5%로 각각 환산됨을 가정하였다. 방법으로 각 지역에서 1차, 2차에 걸쳐 샘플링한 쓰레기를 조성별로 각각 서로 혼합한 후 적당량을 원추사분법에 의거하여 샘플로 취하였다.

측정방법으로 조성별 건조된 시료를 2mm 이하로 분쇄한 후 일정량을 취하여 열량계로써 발열량을 측정하였다. 이렇게 측정하여 얻어진 각 조성별 발열량과 가정에 의하여 계산된 4개시 지역의 가연분에 대한 평균환산비율, 조성별 측정된 함수율을 이용하여 대표시료에 대한 발열량을 추정하였다. 발열량의 계산식은 다음과 같으며 이때 모든 전처리 및 방법은 폐기물 공정시험방법에 준하

여 측정하였다. 본 연구에서는 단열열량계(Parr사의 1241)를 이용하여 측정하였으며, 시료의 전처리는 크기를 60mesh크기로 만든 후 pellet press로 눌러 연소용 접시에 맞게 만들었다. 측정은 완전·불완전연소를 확인한 후, 완전 연소가 되었을 때 봄베 내부를 증류수로 씻고 씻은 용액은 250ml 삼각 플라스크에 옮겨 메틸 오렌지를 지시약으로 해서 0.0725N탄산나트륨 용액으로 적정하였다. 연소되지 않은 휴즈도 모아서 그 길이를 측정하였다. 벤조산을 표준물질로하여 열량계의 열용량을 구했고 두번 반복하여 측정, 열용량의 신뢰도(95%)를 검토하였다.

2.2.5. 소각재의 용출특성

용출시험은 고상 또는 반고상 폐기물에 대하여 폐기물관리법에서 규정하고 있는 지정폐기물의 판정 및 지정 폐기물의 중간처리방법 또는 처분(매립)방법을 결정하기 위한 실험이다. 소각재 용출 실험을 위한 쓰레기의 대표시료를 만들기 위하여 지역별로 채취한 1차·2차 시료를 각각의 조성별로 혼합한 후 여수, 여천, 순천, 광양시등의 4개시 지역에 대한 환경부 1996년 자료를 근간으로 하여 조성별 평균 비율을 계산하여 이를 가중치로 사용하여 대표시료를 만들었다. 본 연구에서는 쓰레기를 소각시켰을 경우 발생하는 소각재의 중금속 용출량을 알아보기 위하여 가연분에 대하여 폐기물공정시험법의 용출시험방법에 따라 실시하였다. 중금속 분석에 사용된 AA는 SOLLA사의 962를 사용하였으며 중금속 시약으로는 Cica-MERCK의 원자흡광용 시약을 사용하였다.

2.2.6. 화학적 원소조성분석

파쇄후 수분함량을 측정한 시료는 각 성분시료를 고르게 혼합한 후 분쇄기를 이용하여 미세한 분말상태로 분쇄한 후 자동원소분석기를 이용하여 C, H, N, S를 분석하였다. O는 계산에 의하여 결

정하였다. CI은 ASTM(Designation : E776-81)에 따라 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 겉보기 밀도

측정한 광양시 겉보기 밀도는 Table 3과 같다. 주거지역에 대한 96전국 평균치의 밀도(227 kg/m³)와 비교하여 볼 때 1차 측정시의 경우 237.5로 유사하였고 2차인 경우는 156정도로 비교적 낮게 측정되었다. 이는 주거지역의 배출형태의 다양성에 의해 기인된다고 볼 수 있고 보다 정확한 결과를 위해선 더 많은 표본수가 필요하다고 할 수 있다. 쇼핑센터의 쓰레기 주종은 채소, 음식, 포장류 순이었으며 재래시장의 쓰레기 주종은

음식물 및 채소류이며 아주 높은 밀도를 형성하고 있다. 업무지역 및 기타지역의 종이류는 종이컵, 폐지등이 쓰레기의 주종을 이루며 이로 인하여 상대적으로 낮은 밀도를 나타냄을 알 수 있다. 추정 에 의한 광양시의 겉보기 밀도는 211.8 kg/m³으로 추정되었다.

Table 3. The average bulk density of municipal wastes in Kwangyang city (kg/m³)

구 분	중 분 류	1차	2차
주거지역	공동주택	259.55	137.505
	단독주택	215.67	175.17
상가지역	쇼핑센터	179.64	205.09
	재래시장	356.67	280.45
업무지역	관 공 서	51.25	66.36
기 타	가 로	70.23	88.21
	공 단	36.67	97.24
	농 어 촌	133.3	143.3

Table 4. Physical composition of municipal wastes in Kwangyang city

구분	항 목		상가지역(%)		주거지역(%)		업무지역(%)		기 타(%)	
			1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
가 연 성	음식류	음 식	4.1	23.3	16.9	35.4	0	1.4	5.9	0.8
		채 소	23.5	43.8	24.9	18.4	2.5	0	16.5	2.4
		소 계	27.6	67.1	41.9	53.8	2.5	1.4	2.4	3
	종이류	화 장 지	5.4	0.5	9.1	7.4	0	1.4	5.7	3.4
		우 유 팩	0.6	1	1.6	1.2	8.2	24.2	2.3	6.8
		신 문 지	14.7	3.7	2.8	3	16.4	20	8.6	0.7
		잡 지	4	1.5	2.7	1.8	10.8	0	1.8	3.4
		기 저 귀	0.4	0	10.2	4.7	0	0	0	24.2
		골 판 지	0.4	1.9	4.9	4.5	26.9	2.7	7	19.7
		소 계	25.5	8.6	31.3	22.6	62.3	48.3	45.4	58.2
	비닐류	필 립 류	14.2	7.4	4.9	6.7	20	21.9	6.5	17.3
		건 고 성	14.1	3	6.6	6.2	2.3	10.7	16	4.2
		발 포 성	28.3	5.3	5.8	4	5.6	1.4	1.2	2.2
		소 계	27.9	15.7	17.3	16.9	27.9	34	23.7	23.7
	목 재		0	3.7	0.4	0.1	0	0	7.2	2.4
	섬 유		2.9	0	0	0.1	3.2	12.3	0	1.8
	고 무		0	0	4.2	1.6	0	0	0	0
	피 혁		0	0	0	0	0	0	0	0
비 가 연 성	금속류	알루미늄	7.5	1.1	1.6	1.6	0.9	0	5.4	2.8
		철 금 속	1.8	1	0.2	0.2	0	0	1.4	4.7
		비철금속	3.1	0	3	3	0	0	9.8	0.7
	유리, 도자기류		3.7	2.8	0.1	0.1	3.2	0	1.6	2.7
	연탄재 및 토사류		0	0	0	0	0	0	3.1	0
합 계			100	100	100	100	100	100	100	100

3.2. 물리적 조성

쓰레기의 물리적인 조성은 쓰레기를 가연분과 비가연분 물질로 구분하는 것뿐만 아니라 쓰레기의 특성을 추정할 수 있는 중요한 자료이다. 본 조사에서는 가연분을 음식류, 종이류, 비닐류, 기타(목재, 섬유, 고무, 피혁)로 구분하고, 비가연분을 금속류와 유리 및 도자기로 나누어 실시하였다. Table 4는 측정한 표본 쓰레기의 물리적 조성을 나타낸다

분류별 발생 비율을 살펴보면 음식류의 주발생 지역은 주거지역이며, 상가지역은 유통기간이 지난 과일 및 채소류를 폐기 처분하는 과정에서 발생하는 쓰레기와 음식제조과정에서 발생하는 채소류가 주를 이루고 있다. 종이류는 분류별 형태에 따라 뚜렷한 형태를 보이고 있다. 업무지역에서는 간식으로 사용하는 우유팩 및 신문의 발생 비율이 높게 나타났다. 그리고 비닐류는 업무지역의 발생비율이 높았다. 비가연성 부분은 업무지역에서는 거의 발생되지 않았으며 상가지역을 비롯한 공단지역을 포함하는 기타지역에서 비교적 많이 발생하였다.

3.3. 삼성분

분석결과 Table 5와 Fig. 2와 같이 주거지역인 경우 수분이 약 40%, 가연분 약 50%, 회분 약 10%정도로 수분량과 가연분의 양이 균형을 이루고 있는 것으로 추정되었다. 업무지역인 경우 간

Table 5. Results of proximate analysis from different source in Kwangyang city (%)

구 분	주거지역		상가지역		업무지역		기타	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
수 분	38.7	32.2	49.2	44.5	23.6	25.6	19.6	33.7
가연분	52.2	57.2	38.5	39.0	61.1	57.0	66.8	55.3
회 분	9.1	10.7	12.4	16.5	15.3	17.3	13.6	11

식에 의한 폐기물이 음식류의 주를 이루었으며 재래시장 및 가로에 회분량이 많은 것은 분리수거가 안된 병류 및 캔류의 유입으로 기인한다. 그리고 추정에 의한 삼성분의 결과는 수분이 40%, 가연분이 48%, 회분이 12%으로 추정되었다.

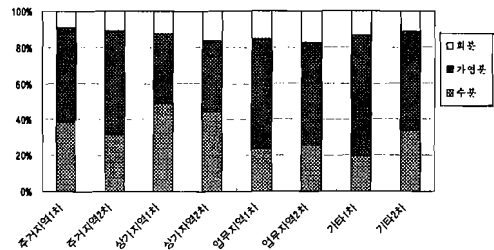


Fig. 2. Comparison of proximate analysis results from different source

3.4. 소각재 용출 실험

분석결과 1차와 2차 모두 Table 6과 같이 AS, Hg, CN은 검출되지 않았으며 Cd, Cr, Pb, Cu는 기준치에 상당히 미달하는 값들을 나타내어 모두 기준치를 만족하였다. 그러므로 소각시 배출되는 소각재는 지정폐기물이 아닌 것으로 판정되었다.

Table 6. Results of leaching test (mg / l)

항 목	Cd	Cr	AS	Hg	pb	CN	Cu	Zn
기 준	0.3	1.5	1.5	0.005	3	1	3	-
1 차	0.002	0.004	ND	ND	0.014	ND	0.004	0.004
2 차	0.001	0.007	ND	ND	0.009	ND	0.007	0.006
소각재 용출평균	0.0015	0.0055	ND	ND	0.0115	ND	0.0055	0.005

3.5. 발열량 추정

분석결과 추정에 의한 각각의 조성별 고위 및 저위발열량은 Table 7과 같으며, 추정에 의한 고위 및 저위 발열량은 Table 8과 같다.

Table 8에서와 같이 습윤 고위발열량은 2,203 Kcal/Kg 이며, 습윤 저위발열량은 1,616 Kcal/Kg

Table 7. Moisture contents and heating values for each composition

구 분	수 분 함 량 (%)		측정에 의한 열량계 발열량 (kcal/kg)	습윤 고위발열량 (kcal/kg)	저위발열량 (kcal/kg)
음식류	음식 및 채소류	70.5	5,505	1,623	892
종이류	화장지, 우유팩, 신문지, 잡지, 골판지, 기저귀	23.3	4,156	3,187	2,809
비닐류	필름류, 건고성, 발포성	11.72	7,713	6,809	6,304
목재류		19.04	4,665	3,413	3,299
섬유류, 고무류, 피혁류		16.48	5,585	4,496	4,397

Table 8. Heating value for waste of 1kg

대표 시료 발열량 구분	쓰레기 1Kg 당 열량(Kcal)
습윤 고위발열량	2,203 Kcal/Kg
습윤 저위발열량	1,616 Kcal/Kg

으로 계산되었다. 이는 저위발열량에 대한 전국평균치 2,360 Kcal/Kg 보다는 약 700 Kcal 정도가 낮으며, 인근도시(여수, 여천, 순천)의 평균 저위발열량인 1,365 Kcal/Kg보다는 약간 높은 것으로 측정되었다. 물론 쓰레기의 조성 및 발생이 지역별로 틀리고 생활수준에 따라 다르며, 또한 물리적 조성에서 언급했듯이 실제적인 도시 전체의 대표치를 찾아내는다는 어려운 점이 있다. 그러나 이러한 측정결과는 쓰레기에 대한 처리 및 방법을 계획하고 설계하는데 있어서 중요한 Data가 될 것으로 기대하며, 특히 소각로의 설계 및 운영시에 매우 중요한 기본자료가 될 것이다.

3.6. 원소분석

원소분석을 위한 시료조성 및 방법은 발열량 분석시에 사용했던 가정과 방법을 동일하게 사용하였다. 시료를 조성비율에 따라 분류한 뒤 2회에 걸친 실험을 통하여 산출 평균을 계산하였고 각 조성별 화학분석 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Results of elemental analysis for each composition (%)

구 분	C	H	O	N	S	Cl	ash
음식 및 채소류	46.92	5.74	25.86	5.78	1.71	0.05	13.94
종이류	37.9	4.44	29.42	1.34	1.07	0	25.83
비닐류	88.95	7.98	0.82	0.07	0.64	0.72	0.82
목재류	45.49	5.96	35.42	0.9	0.45	0.15	11.63
섬유, 고무, 피혁	63.45	3.05	27.86	0.24	0.54	2.54	2.32

소각재 중에 불완전 연소로 인하여 혹은 소각후 화염의 후류에서 화학적인 반응으로 인하여 유해한 성분 및 물질등이 형성 및 발생될 수 있으며, 특히 소각 대상물 중에서 황(S), 염소(Cl)성분등이 다량으로 함유되었을 때 그 가능성이 매우 높다고 하겠다. 본 실험의 분석에 의하면, 광양시 쓰레기의 경우에 황성분은 비교적 적은량이 포함되어 있었고 염소성분은 섬유 및 고무, 피혁, 비닐류 등에서 비교적 많이 분석되었다. 그러나 전체적으로 비닐류 및 섬유, 고무, 피혁류가 차지하는 비율이 상대적으로 적어서 이론적으로는 소각처리후에 황 및 염소성분에 의한 유해한 대기오염 발생물질을 발생할 수 있는 확률이 비교적 적다고 할 수 있다.

Table 10. Elemental analysis results of total waste in Kwangyang city

원 소	C	H	O	N	S	Cl	Ash	비율
%(Ash 포 함) %(가연분전체)	49 (23.52)	5 (2.4)	27 (12.96)	4 (1.92)	1 (0.48)	0.1 (0.048)	13.9 (6.672)	100 (48)
%(Ash불포함)	56.9	5.8	31.4	4.6	1.2	0.1	0	100

Table 9의 조성별 원소분석결과와 발열량 계산 시 사용했던 각 조성이 차지하는 조성별 비율(Pi)을 이용하여 전체 쓰레기에 대한 원소분석을 추정하여 계산결과는 Table 10과 같다.

밀도는 211.8kg/m³로 추정되며, 수분이 40%, 가연분 48%, 회분이 12%로 나타났다. 가연분의 원소분석결과 C 56.9%, H 5.8%, O 31.4%, N 4.6%, S 1.2%, Cl 0.1%로 나타났다. 소각재의 용출 실험 결과는 지정폐기물이 아님을 알 수 있다.

3.7. 광양시 쓰레기의 질적요약

광양시 쓰레기의 질적 요약은 Table 11과 같다.

Table 11. The summary of waste quality in Kwangyang city

삼 성 분	수 분 : 40 %	
	가연분 : 48 %	
	회 분 : 12 %	
가연분의 원소분석	C	56.9 %
	H	5.8 %
	O	31.4 %
	N	4.6 %
	S	1.2 %
	Cl	0.1 %
	합 계	100
저위발열량	1,616kcal/kg	
용출실험결과 (ppm)	Cd	0.0015
	Cr	0.0055
	AS	ND
	Hg	ND
	pb	0.0115
	CN	ND
	Cu	0.0055
	Zn	0.005
밀도	211.8 kg/m ³	

4. 결 론

광양시 쓰레기 중 음식류는 상가지역(47.35%), 주거지역(47.85%)에서 비슷한 값을 나타냈으며 종이류는 업무지역(55.3%)과 기타지역(51.8%)에서 비슷한 값을 나타냈다. 비닐류는 업무지역이 30.95%로 가장 높게 나타났으며, 나머지 가연분은 비슷한 값을 나타내고 있다. 비가연성 부분은 기타지역의 금속류가 가장 높게 나타났다. 그리고 광양시 쓰레기의 삼성분 분석결과 수분은 상가지역>주거지역>업무지역>기타지역 순이었으며 가연분은 업무지역과 기타지역이 비슷한 50-60%대로 유지하였으며 회분은 전체적으로 10-17%사이를 유지하였다.

광양시 쓰레기의 중금속 용출실험 결과 소각 잔재물은 지정 폐기물이 아닌 것으로 판정되었으며, 발열량 분석결과 저위발열량은 평균 1,616kcal/kg으로 나타났으며, 화학적 원소분석결과 비교적 적은 양의 황 및 염소성분이 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 김삼권의 5인공저, 폐기물 공정 시험 방법 해설, 동화기술, pp. 15~153 (1996).
2. 금호엔지니어링, 광명시 쓰레기 소각처리시설 건설사업 타당성 조사 중 쓰레기 기초 조사 (1994).
3. 도갑수와 3인 공저, 여름철 휴양지에서 고형폐기물 발생 특성, 한국폐기물학회, 제13권, 제6호, pp. 91~99 (1996).
4. 이동훈, 남궁완, 폐기물처리공학, 동화기술, pp. 91~143 (1996).
5. 정재춘, 폐기물관리, 신광문화사, pp. 15~45 (1995).
6. 한국에너지기술연구소, 도시폐기물 소각로 폐열 회수 장치개발Ⅱ, 동력자원부, pp. 5~38 (1989).
7. 한국에너지기술연구소, 도시폐기물 소각로 폐열 회수 장치개발Ⅲ, 동력자원부, pp. 5~16 (1992).
8. 환경부, 95전국 폐기물 통계조사 (1996).