

# 도시쓰레기 소각로 국내

## 보급을 위한 당면과제 (I)

趙明濟·朴永載

<한국동력자원연구소>

### 1. 서 론

도시쓰레기 소각 처리는 이미 100년전에 유럽 지역에서 시작되었고 원래 환경보존 및 공해방지 목적에 연유되어 발전되어 왔다. 그 후 국제적 에너지 자원의 재평가가 중요시 됨에 따라 1960년도를 전후하여 소각에서 발생하는 잉여열을 활용하는 장치개발 및 플랜트의 건설이 유행되어 기저부하로서 쓰레기 소각로를 이용한 열병합지역난방 시스템이 유럽, 일본 등지에서 상용화 되고있다. 이와 같이 세계적인 추세와 발맞추어 국토가 협소하고 환경오염, 에너지 부족자원이 빈국인 우리나라의 입장은 도시쓰레기 처리 문제는 해결 되어야 할 가장 중요한 당면과제로 대두하고 있다.

최근 서울특별시의 난지도의 RDF 시스템 건설 및 의정부시에서 본격적으로 이에 관련된 사업을 시작하고 있음은 만시지탄이지만 반가운 일로 생각된다. 이와 같이 우리나라 위성당국에서 일찌기 본 사업 착수에 주저한 이유는 정부의 특수사정도 있었겠지만 필자로서는 환경보전당국의 지속적이 아닌 그때 그때 미봉책으로 정책결정에 필요한 기초가 되는 꾸준한 연구자료의 축적이 없었던 것이 가장 큰 원인으로 생각된다. 그 한가지 예로써 가장 기본이 되는 우리나라의 쓰레기의 발열량 조사 자료가 신뢰성 있는 조사연구 통계자료로서는 일부 대학에서 극히 제한된 범위내에서 조사한것 이외에 전혀

없다는 것이다.

상술한 바와 같이 날로 심각해지고 있는 도시쓰레기의 처리방법 비교검토, 유형별 쓰레기 소각로의 기술적 특성, 한국형 소각로의 개발의 필요성 등을 광범위하게 다루며 세계 도시쓰레기 처리기술속에서의 우리나라 현주소를 살펴보기로 한다.

### 2. 도시쓰레기의 배출 및 처리방법

#### 2.1. 쓰레기의 배출

##### (1) 쓰레기의 배출현황

점점 심각해져가는 환경공해의 한 부분인 생활쓰레기 문제를 해결하기 위하여는 막대한 투자재원이 필요하다. 그러므로 이에 대한 효율적인 정책적 자료를 얻기 위하여 쓰레기의 연간 배출량, 월별, 계절별 배출량, 1인당 배출량, 인구변동추이, 쓰레기 배출량 변동추이, 배출쓰레기 성분, 쓰레기 처리기술 등에 대한 종합적인 이해가 필요하다.

표 1은 인구 30만명 이상의 국내 주요 도시별 쓰레기 배출량을 집계한 것인데 표에서 알 수 있는 바와 같이 서울의 경우가 가장 많은 2.54kg 1인 1일의 쓰레기를 배출하고 있다. 각 도시에서의 인구밀도 및 생활양식과 생활수준등에 따라 1인당 쓰레기 배출량과 쓰레기 조성에 차이가 있으나 실제 표 1에서는 통계내용 미흡으로 그 조성을 알 수 없다.

배출량은 서울을 제외한 도시의 약 1.6kg 1인

■ 資 料

1 일 정도로 집계되며 국내 전체도시 평균은 1.92 kg 1인 1일이다.

표 2 에서 보는 바와 같이 외국의 0.8~1.0 kg 1인 1일 정도에 비교할 때 약 2배 정도로 대단히 쓰레기 배출량이 많은 것으로 되어 있다.

그 주된 이유는 생활양식의 차이로 국내에서는 난방 및 취사에 많은 무연탄을 이용하여 그 재가 전체 쓰레기 생산량의 절반이 넘기 때문이며 생활수준이 향상됨에 따라 연탄의 사용이 줄겠으나 이는 유가 및 가스가격과 연탄가격과의 가격비율과 국민생활 수준의 향상과 더불어 연탄 소비량이 저감될 것이다. 그러나 현재의 에너지가격 전망과 소득수준 향상 추세를 감안할 때 큰 변동없이 앞으로 당분간 전체 쓰레기량의 약 50%가 연탄재로 구성될 것으로 본다. 따

라서 중량물에 해당하는 성분인 연탄재가 계속 배출된다고 생각할 때 현재 각 시에서 추진하고 있는 것과 같이 연탄재만이라도 분리 수거하여 이용하는 것이 바람직하다. 연탄재 분리수거시의 1인당 쓰레기 배출량은 중량으로는 외국과 비슷해지나 그 조성은 생활수준의 차이로 형제는 수분이 많은 저발열량의 것이며 앞으로 생활수준이 향상됨에 따라 외국과 비슷해질 것이다.

표 1 국내 주요도시별 쓰레기 배출량(81년도 한국 도시연감)

지역	구분	인구(명)	수거율 (%)	쓰레기 배출량 (톤 1년)	1인당 배출량 (kg 1인 1일)
서울	울	8,676,037	100.0	8,066,500	2.54
부산	산	3,249,643	99.3	1,931,580	1.64
대구	구	1,838,037	91.2	978,565	1.6
인천	천	1,141,705	91.8	650,065	1.7
광주	주	769,777	95.7	348,940	1.32
대전	전	668,212	95.2	278,605	1.2
울산	산	450,501	94.4	155,125	1.0
마산	산	400,501	96	216,445	1.54
성남	남	388,202	89.8	210,350	1.65
전주	주	375,703	84.3	185,055	1.6
수원	원	324,225	97	164,250	1.43
전국도시계		23,275,948	94.9	15,479,942	1.92

표 2 각 국의 쓰레기 배출량

국명	1인당연간 쓰레기 배출량 (kg 1인 1년)	1인당 1일당 배출량 (kg 1인 1일)
미국	250~300	0.7~0.8
일본	300~400	0.8~1.1
서독	400	1.1
프랑스	250	0.7
스웨덴	450	1.2
영국	330	0.9

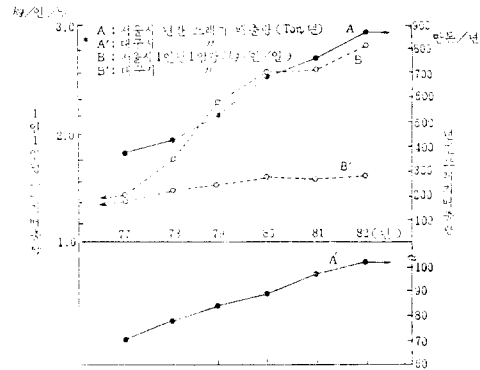


그림 1 서울시, 대구시와 연도별 쓰레기 배출량

(2) 연도별 월별 쓰레기 배출량

연도별 쓰레기 배출량의 추이를 알기 위해 서울, 대구 2개 도시에서 보고된 결과를 그림 1에 도시했다. '77년도부터 '82년도까지 연간 쓰레기 배출량의 추이를 보면 서울의 경우 년 평균 30%의 증가를 보이고 있다. 1인 1일당 쓰레기 배출량은 70년대 말의 1.5 kg 1인 1일에서 '80년대 초에 2.5kg 1인 1일로 약 170%로 크게 증가한 것으로 나타나 있다.

이는 통계의 기준이 되는 수거차량당 쓰레기 중량의 평가를 잘못하여 전체 쓰레기 배출량이 잘못 계산되는 등 통계상의 문제로 생각된다. 그러나 앞으로도 큰 변동없이 2.5 kg 1인 1일 정도가 될 것이 선진국의 경우를 미루어 짐작할 수 있다. 대구의 경우 총 연간 쓰레기 배출량은 최근 들어 평균 6%의 증가를 보이고 있으며 1인 1일당 쓰레기 배출량은 80년대 초에 들어 약 1.5 kg 1인 1일 수준에 있으나 앞으로 약간 더 상승할 것으로 생각된다.

월별 계절별 쓰레기 배출량을 알기 위하여 대

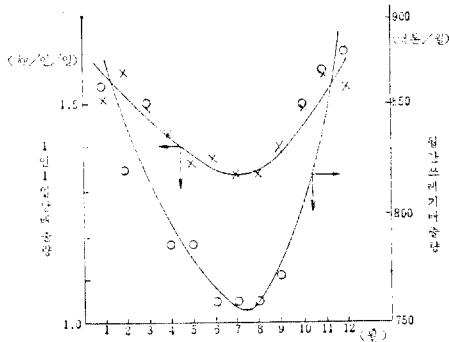


그림 2 대구시 월별 쓰레기 배출량(81년도)

구시의 경우를 도시하면 그림 2와 같다.

월별 쓰레기 배출량의 추이를 파악하는 것은 쓰레기를 소각하여 열에너지를 회수하는 소각플랜트에서의 부하변동 및 월별 배출 쓰레기 조성에 따른 처리방안 수립을 위해 필수적인 것이다. 대체적으로 여름의 쓰레기 배출량이 겨울에 비하여 약 6% 가량 줄고 있는데 그 이유는 난방용의 연탄사용이 크게 줄기 때문으로 해석되며 11, 12월에는 김장쓰레기가 많이 배출되는 탓으로 약간 증가하는 것으로 생각된다.

### 2.2. 쓰레기의 조성 및 발열량

쓰레기를 처리함에 있어 적용기술은 쓰레기의 특성 즉 수분함량 쓰레기의 크기, 물리적 조성, 화학적 조성, 비중량, 기계적 성질 등에 따라 좌우되므로 국내의 경우 이에 대한 종합적인 조사, 연구가 시급한 실정이다. 해외의 경우 쓰레기 특성에 대한 연구가 상당히 진척되어 있고 과거 장기간에 걸친 구체적인 통계자료가 축적되어 있음에 반하여 국내에서는 쓰레기, 배출량 통계마저도 신뢰성이 적으며 쓰레기의 특성에 대한 조사연구는 몇 가지가 발표되었으나 시료채취 조사방법 등에 있어 합리성의 결여로 작기 커다란 차이를 지니고 있는 실정이다. 한편 각 도시의 쓰레기 처리 실무 담당자가 쓰레기를 수거 매립하는 업무에만도 바빠 실제 앞으로 쓰레기 처리 신기술 도입계획에 기본이 되는 쓰레기의 특성을 정확히 파악하고 있는 도시가 드문

실정인 것을 생각할 때 하루 속히 각 도시별로 쓰레기에 관한 정확한 통계자료와 쓰레기 특성 자료를 갖추어야 할 것으로 생각된다.

쓰레기 발열량 또는 소각에 의한 처리시 중요한 요소로 국내 쓰레기에 대한 발열량 조사를 보면 보조연료 없이 소각 가능한 800 kcal/kg을 전후한 500 kcal/kg에서 1,500 kcal/kg까지로 나타나 조사자료를 신뢰할 수 없는 형편이어서 대구시에 대한 쓰레기 성분 분석 및 발열량 조사를 실시하였다.

#### (1) 국내 도시쓰레기의 조성 및 발열량

전술한 바와 같이 쓰레기 조성과 발열량이 소각장치 설계의 기본자료가 되므로 정확한 자료를 얻기 위해서 쓰레기 시료 채취와 분석을 대구 지역과 대전지역에 대하여 실시하였으며 인력과 시간 한계상 한정된 지역에 한정된 회수에 그쳤다.

##### (가) 시료채취 방법과 성분분석

쓰레기의 조성 및 발열량을 정확히 알기 위해서는 합리적으로 쓰레기 시료를 채취하여야만 가능하다. 선진 외국에서의 쓰레기 시료채취 및 분석방법은 최소한 90 kg(200 lb) 이상을 채취 분류하여야만 통계적 처리가 신빙성이 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 대형건물에 몇 트럭분의 쓰레기를 한꺼번에 가져다가 여러 성분별로 큰 통에 분리한 후에 중량을 재고 그 중 대표치를 뽑아서 수분함량, 발열량, 화학적 조성 등을 조사하고 있다.

이와 같이 손으로 직접 채취하여 분석하는 방법 외에 사진촬영에 의한 방법이 있는데 양자 모두 채취오류를 범할 가능성이 있으며, 실제로 무작위 채취라고는 하지만 임의의 물질을 제거하여야만 오히려 전체 쓰레기를 대표하는 시료채취가 될 수 있다는 것을 명심하여야 한다. 사진촬영에 의한 성분분석시는 90°짜리 광각렌즈로 직접 촬영하여 35 mm 컬러 슬라이드 필름에 담은 그림을 프로젝트를 통해 10×10 칸으로 나뉘어진 스크린에 비추어 분석하는데 바로 이와 같은 방법을 손에 의한 채취에 응용하여 쓰레기 매립지에서 가로 세로 일정거리 간격으로

## ■ 資 料

채취하였다.

대구시의 경우는 한 트럭의 쓰레기를 반분한 다음 다시 이를 1/2씩 나누어가서 최종적으로 약 50 kg 정도의 시료를 채취하여 분석했으나 시간과 비용 및 인력 과다소요로 인하여 대부분 전자와 같은 일정거리 간격의 무작위 채취 방법을 이용하였다.

한편, 일단 채취된 쓰레기는 운반도중 수분의 증발을 방지하기 위하여 비닐봉지에 봉하여 운반했으며 건조가마(drying oven)에서 휘발분이 날아가지 않는 온도인 77°C로 24시간 건조시켰다. 건조후에 쓰레기를 가연 성분과 비가연 성분으로 분류했으며 분류항목은 분리수거된 쓰레기의 성분이 외국의 그것과 비교하여 큰 차이가 없기 때문에 대체로 비슷하나 정원쓰레기(잔디 등)성분 등 약간의 차가 있는 것은 우리 실정에 맞게 항목을 분류하였다.

이와 같이 물리적 성분별로 나눈 후에 가연성 분말을 분쇄기(pulverizer)로 분쇄하여 발열량 시험을 위한 시료를 만들었으며 발열량은 Par사의 모델 1241열량계를 사용하여 측정하였다. 이러한 과정에서 정확한 계량을 위해 전자중량계를 사용하여 1/100그램까지 측정하였다.

그런데 여기서 한 가지 부연할 것은 실상 쓰레기를 채취 분석함에 있어 철저를 기했다하더라도 쓰레기 채취시의 날씨 및 지역별 배출성분의 상이등으로 인하여 1개 도시 전체의 대표치를 찾아내는데는 어려운 점이 있다.

같은 장소에서 채취하는데도 불구하고 심한 경우에는 그 조성이 300% 이상까지도 달라져 실제적으로 많은 문제점이 있으며 도시지역이라 하더라도 주거지역과 상업지역 등 생활양식이 다르고 경제적 수준이 다른 곳에서 반입되는 쓰레기는 그 조성에 있어서 천차만별이었다. 따라서 쓰레기 반입 물량 쓰레기 조성 등에 대하여 시청 청소 담당자 및 실제 쓰레기 수거자와의 대담을 통하여 시료 채취에 많은 도움을 얻었다.

한편, 채취하는 날과 그 몇 일 전 사이의 기후상황에 따라 국내 쓰레기 성분 중 가장 중요한 문제점인 수분함량이 달라져 쓰레기 조성의

대표치를 아는데는 어려움이 있었으며, 실제로 있어서는 기후가 미치는 경향 및 지역에 따른 조성의 차이 등을 체계적으로 정확히 알기 위하여 앞으로 더욱 많은 자료가 축적되어야 한다.

### (나) 채취시료 분석결과

대구시에서 채취한 시료에 대한 분석결과가 표 3에 자세히 수록되었다.

표 3 대구시 쓰레기의 조성 및 발열량(연탄 분리수거)

		1 차	2 차	3 차	
채 취 일 자		1983. 5. 3	1983. 7. 8	1983. 9. 15	
수 분		(44.53%)	(64.9%)	(70%)	
가 연 성 물 질	종 이	( 5.58)	( 8.49)	( 6.36)	
	목 재	( 0.29)	( 3.31)	( 0.28)	
	비 닐	( 2.38)	( 2.30)	( 5.3 )	
	섬 유	( 0.93)	( 2.78)	( 4.89)	
	고무, 가죽	( 1.93)	( 0.86)	( 2.36)	
	음 식	( 6.53)	( 6.32)	( 5.05)	
	기 타	( 1.71)	( × )	( 1.07)	
	소 계	(19.35)	(24.07)	(25.4 )	
	불 연 성 물 질	초 자	( 3.13)	( 0.81)	( 0.25)
		금 속	( 0.46)	( 0.24)	( 0.09)
기 타		(32.53)	( 9.95)	( 4.3 )	
소 계	(36.12)	(11.00)	( 4.64)		
총 계		(100%)	(100%)	(100%)	
가연성분고위발열량 (측정)(kcal/kg)		4,330	4,410	3,720	
(kcal/kg) 전 체 저 위 발 열 량		570.7	599.9	524.9	

3차에 걸친 시료 채취 분석을 보면 수분함량이 44%에서 70%까지 되고 있어 상당히 높은 편이다. 가연 성분은 전체 쓰레기 중량중 19~25.4% 정도밖에 되지 않으며 연탄재 분리수거인데도 여전히 비가연 성분이 4.6%에서 36%에 이르고 있다. 대전지역 쓰레기를 감안하여 보면 국내 도시쓰레기는 평균적으로 수분이 60~70%, 가연성분이 20~25%, 비가연 성분이 5~10% 정도로 분리수거된 쓰레기의 저위 발열량은 520~600 kcal/kg이 되고 있다.

도시쓰레기 소각로 국내 보급을 위한 당면과제(I) ■

여기서 우리는 외국의 경우 기계발되어 실용화 되고있는 소각로에서는 보조 연료 없이 소각 가능한 최고 수분함량이 60%인 것을 감안할 때 국내 쓰레기의 경우 매우 불리한 위치에 있다는 것을 알 수 있다. 발열량 또한 800 kcal/kg 정도가 하한치로 제시되고 있는 것을 생각할 때 현 쓰레기 상태로는 소각이용 전망이 불투명하나 점점 생활수준의 향상과 주방 쓰레기의 분리수거 너지는 하수처리시설 이용 등을 통하여 쓰레기 수분함량이 줄어들 것으로 예상된다. 국내 월별 계절별 쓰레기 조성의 변화 추이는 제대로 조사 발표된 것이 없으며 본 연구에서도 여건상 충실한 조사를 하지 못하였다.

그러나 계절별 조성에 관한 것은 서울시청 자료를 인용한 당 연구소 연구보고서 “집단에너지 공급지역 선정연구” (1982.12)를 보면 알 수 있듯이 연탄성분이 겨울에는 여름의 44%에 달하며 반대로 여름에는 채소, 음식류가 겨울의 305%에 이르고 있다.

(2) 외국과의 비교

국내의 상황을 더욱 잘 알기 위해서는 수치상

으로 외국의 경우와 비교해 보는 것이 바람직하기 때문에 여러 참고문헌들을 통하여 표 4에 유럽, 미국, 일본 등 각국의 쓰레기 조성을 비교하였다.

외국의 경우 대부분 쓰레기의 질이 우리 국내의 그것과는 비교할 수 없을 정도로 좋게 나타나 있다. 우리와 사정이 가장 비슷하다고 할 수 있는 일본의 경우만 하더라도 종이류가 2.5배 이상되며 수분도 50% 선을 밑돌고 있다. 발열량 또한 요코하마시의 경우 1,527 kcal/kg으로 국내의 3배가 되고 있는 바 그 주 요인은 우리나라의 경우 상대적으로 주방쓰레기의 과다로 수분함량이 높으며 따라서 표 3에서 보는 바와 같이 고발열량 성분인 종이류가 외국의 경우에 비하여 대단히 적기 때문에 전체 쓰레기 중량당 저위 발열량이 낮게 나타나고 있다.

유럽지역과 미국의 경우를 보면 수분함량이 평균 20~30% 선 정도에 불과하며 상대적으로 종이류는 국내에 비해 2배 이상으로 대단히 높아 고위 발열량이 1,900~2,600 kcal/kg으로 저위 발열량의 약 3~5배가 되고 있다.

표 4 각국의 쓰레기 조성

지역	조성	총기함량	유기물함량	유기물	탄수화물	지방산	고유 단백질	칼슘	유리물함량	가연성분함량	경질은 백구	기	수 분(%)	고위 발열량 (kcal/kg)	저위 발열량 (kcal/kg)
미	전국수거액	34.5	14.5	10.5	9.8	3.8	2.6	1.7	1.0	3.8	16.3	-	26.0	-	-
	뉴욕스태튼아일랜드	40.4	39.7	11.0	7.7	2.5	0.7	1.7	-	2.6	-	2.7	22.5	2585	-
	동부지역	43	19	7	3	2	3	-	3	10	19	19	27.2	2174	-
독	스베덴 스톡홀름	47.5	16.1	9.5	6.1	7.5	1.6	3.8	0.4	2.1	-	5.6	21.2	2397	-
	함부르크	27.8	16.7	17.3	4.3	4.5	3.1	-	1.8	7.0	-	17.5	20~30	1662	-
영	두셀랜드	28.1	31.6	17.8	4.3	7.4	-	3.0	5.5	1.3	-	1.1	25~30	1222	-
	런던(1972)	37	26	8	8.5	1.5	-	2	-	-	2	15	-	-	-
스	버밍햄(1972)	51.5	13	6.5	6.5	1.0	-	2.5	-	-	3	16	-	-	-
	제네바(1972)	36	12	5	7	7	-	2.5	-	6	-	31.5	-	-	-
러	유러피 (1963/64)	33.5	11.5	8.5	5	2	-	3.0	-	2.5	-	31	-	-	-
	스웨덴 (1972)	36	29	8	6	4	2	4	-	4	6	10	-	-	-
일	도쿄도 (1963)	24.8	34.7	5.5	2.8	2.2	-	3.6	-	3.5	2.2	21.9	-	-	-
	요코사기(1971)	41.62	13.50	16.39 (4.7%)	2.0 (0.5%)	12.38	-	-	-	7.22 (1.7%)	-	6.75	49.14	1980	1436
	요코하마(1981)	19.14	5.77	8.53	3.17	6.21	-	2.02	-	3.09	-	2.79	49.37	-	1527

■ 資 料

하지만, 여기에서 우리는 후술하는 일본의 60년대 고수분함량 및 저발열량의 쓰레기 소각레(수분이 40~70%, 저위 발열량 500~1,300kcal/kg)를 보면 우리 보다 좀 나은 형편이기는 하지만 거의 비슷했으며 그 후 일본의 경우는 수분함량이 40~50% 선으로 내려 갔으며 발열량은 1,500~2,000 kcal/kg(70년대 이후)을 유지하고 있는 것을 보아서 우리의 경우도 5~10년 이내에 곧 비슷해질 것으로 전망한다.

(3) 소각과 쓰레기 조성과의 관계

쓰레기 처리방법에는 여러 가지가 있으나 선진외국의 경우 소각에 의한 방법으로 대부분의 쓰레기를 처리하고 있는 실정을 감안할 때 국내에서도 소각처리의 필요성이 인식되어 소각에 대한 관심이 고조되고 있다 그림 3의 가연 성분 및 수분함량과 보조연료 사이의 관계는 쓰레기 특성에 따른 소각상의 문제점들을 설명한 것이다.

이 그림에서 낮은 저위 발열량과 수분이 과다한 쓰레기를 소각 처리 하려면 보조연료의 사용이 필요하게 됨을 알 수 있으며 이 그림은 보조연료 없이 쓰레기 자체 열량만으로 연소가 가능한 영역을 쉽게 알아보게 되어 있다.

그림 3에서 수분함량은 쓰레기 자체가 가지는 수분 뿐만 아니라 강우에 의한 추가 함유량까지도 포함되며 재 성분은 비가연 물질과 타고 남은 가연 물질의 순수한 재까지 포함한다.

미국의 쓰레기 조성이 국내의 그것보다 훨씬 유리한 입장에 있다는 것을 일목요연하게 알 수 있다. 전술한 바와 같이 국내에서는 쓰레기의 수분함량이 60~70% 부근이 많으므로 필연적으로 보조연료 사용이 동반되어야 함을 시사하고 있으며 또한 저위 발열량도 낮아서 보조연료가 있어야만 연소를 계속적으로 유지시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 3에서 자체만으로 연소가 가능한(self combustible) 영역을 수분함량 60% 이하, 가연 성분 25%, 저위발열량 800 Kcal/kg 이상으로 하고 있다는 것을 생각할 때 국내 쓰레기의 경우 경제선상에 위치하고 있어 발열량, 수분함량 공

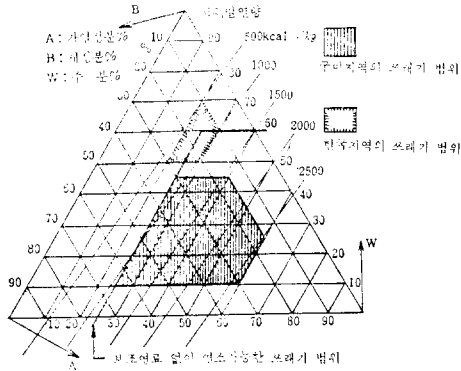


그림 3 쓰레기 조성과의 저위 발열량

히 미묘한 정도의 차이를 나타내고 있어 경제적인 소각을 위하여 진지한 노력이 필요하다. 이것은 주방쓰레기의 수분함량을 줄이도록 TV 등 매스컴을 통해 계몽한다든가 분리수거시 연탄재 부스러기가 혼입되지 않도록 수거에 철저를 기하고 기타 유리나 금속류 등의 분리를 유도함으로써 가능할 것이다. 또한 쓰레기 자체 성분에 대해서 뿐만 아니라 소각장치의 구조 및 기능에 대해서도 철저한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

그림 3에 나타난 관계가 식으로 제시되고 있는데 이것은 요코하마시에서 측정된 자료를 이용하여 통계적인 연구로 부터 얻어진 저위 발열량과 가연 성분 및 수분함량의 상관 관계식으로 국내 쓰레기의 경우에 대해서도 적용해 본 결과 잘 맞고 있다.

$$H_1 = 45.91A - 6.00W$$

단,  $H_1$ : 저위 발열량(Kcal/kg)

A: 가연성분(%)

W: 수분(%)

한편 쓰레기를 소각 처리함에 있어 단위 시간당 그 처리량이 어느 정도 쓰레기 배출량을 감당할 수 있어야 한다는 관점에서, 화적자의 형태, 연소용 공기의 온도, 쓰레기의 발열량 등에 따라 크게 변하는 쓰레기 연소율(kg/m<sup>2</sup>hr)에 대해서도 고려할 필요가 있다. 우리의와 비슷한 일본의 연구에 의하면 쓰레기의 저위 발열량과 연소율은 그림 4와 같다.

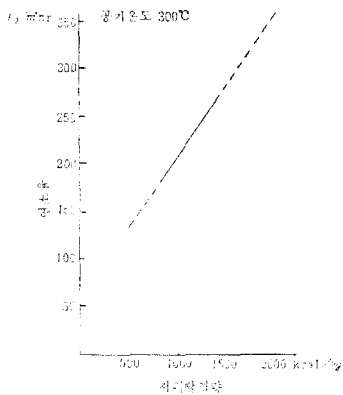


그림 4 쓰레기 발열량과 연소열의 관계

회격자의 형태와 연소용 공기의 온도에 의해서도 연소열은 영향을 받지만 무엇보다도 연소의 대상인 쓰레기 자체의 특성 즉 저위 발열량이 가장 큰 요인으로 등장되는데 그림 4에서 처럼 거의 직선적으로 발열량이 높아짐에 따라 연소열은 커지고 있다. 그림 4는 300°C 연소용 공기 사용시 저위 발열량 800~1,300 Kcal/kg에 대하여 얻어진 결과로 그림을 보면 점선 부분이 2,000 Kcal/kg 까지 연장된 선에서 연소열이 350 kg/m<sup>3</sup>hr 가 되고 있어 700 Kcal/kg의 저위 발열량 쓰레기의 연소열에 비해 약 2배가 되고 있어 이는 같은 쓰레기량을 처리함에 있어 700 Kcal/kg의 발열량을 갖는 쓰레기는 2배의 면적이 되는 화격자가 필요하다는 것을 의미한다. 이러한 연소열의 증가는 최종적으로 슬래그(slag)의 발생과 유리 용융온도, 화격자의 내열도 등에 따라 연소층의 온도가 제한되므로 최대 연소열이 제한된다.

이와 같은 점들을 고려할 때 국내 쓰레기 소각로는 열발생율에서 상한보다는 하한의 입장에서 특별한 고려가 뒤따라야 한다는 것을 알 수 있으며 우수한 소각효율을 얻기 위해 효과적인 쓰레기 건조 수단이 필요하다.

또한 연소를 돕기 위한 보조연료 사용은 최소화 되어야 하며 연소열은 최대화 되어야 한다는 대명제 아래 소각로는 구상되어야 한다.

### 2.3. 쓰레기 처리방법 및 국내현황

우리 생활에 있어 쓰레기란 소용가치가 없어 버려지는 물질을 의미하는 바, 실제 우리는 과거의 쓰레기, 현재의 쓰레기 그리고 미래의 쓰레기 속에서 살아가고 있는 것이다. 이처럼 우리 주변의 모든 물질은 언젠가는 쓰레기로 변하여 버려질 것들이라는 것을 생각할 때 현실적으로 쓰레기 처리에 큰 관심을 가져야 하며 가장 합리적인 처리방법을 모색하여야 한다.

쓰레기는 크게 나누어 생활 쓰레기와 산업 쓰레기로 구분할 수 있는데 그 중에서 생활 쓰레기는 우리의 일상생활을 통해 발생하는 쓰레기를 의미하며 인구 밀집지역인 도시에서 큰 문제가 되고 있으며 최근에는 농어촌까지도 쓰레기 문제가 확산되어 가고 있는 실정이다. 이와 같이 쓰레기 문제가 심각하지만 그 중에서도 도시에서 발생하는 주거지역 쓰레기와 상업지역 쓰레기의 처리가 대립지 부족등 심각한 상황에 놓여 있다.

쓰레기 처리에는 여러 가지 방식이 있으나, 처리기술, 쓰레기의 조성, 경제적 처리 등의 차원에서 적용 방식이 달라진다. 유럽지역의 경우 거의 80% 이상의 쓰레기를 소각, 퇴비화, 재생 등 다양한 기술을 사용하여 처리하고 있으며 일본의 경우도 1970년대에는 75% 정도의 쓰레기를 처리하고 있으나 미국의 경우는 매립지의 확보가 쉬워 최근까지도 매립에 의존하였다. 그러나 최근에는 매립지 확보가 점차 곤란하여 소각이나 기타 처리방법에 대한 연구를 활발히 추진하고 있다. 따라서 현재까지는 미국을 제외하면 유럽에서 발달된 소각이 위주로서 처리되고 있으나 최근 퇴비화 및 자원재생 쪽의 연구가 상당히 진전되고 있다.

표 5에서 보는 바와 같이 한국과 여러 가지 점에서 여건이 비슷한 일본의 쓰레기 처리 경향을 보면 1979년 현재 소각에 의하여 전체 쓰레기의 약 65%가 처리되고 있으며 이는 '74년도에 비해 약 10%가 증가한 현상이다. 이에 비하여 매립에 의한 쓰레기 처리는 '74년도의 30%에서 '79년도에는 25%로 5%가 줄어 들었으며 퇴

표 5 일본의 쓰레기 처리 현황(전국)

년		도		1974	1975	1976	1977	1978	1979								
전	계획처리 구역내 인구 (천명)			110,034	111,554	112,589	113,904	115,073	116,173								
	1인1일 배출량(g)			765	781	776	793	809	824								
	생활쓰레기총배출량 (톤/일)	84,205	(%)	87,167	(%)	87,406	(%)	90,285	(%)	93,110	(%)	95,746	(%)				
	내	소	각	45,983	54.6	50,380	57.8	52,915	60.6	57,140	63.3	59,781	64.2	62,417	65.2		
매	립	25,430	30.2	24,461	28.1	23,529	26.9	23,726	26.3	24,260	26.1	24,047	25.1				
고속퇴비화		200	0.2	157	0.2	214	0.3	227	0.3	195	0.2	199	0.2				
퇴비화·사료		11	0.0	17	0.0	11	0.0	22	0.0	19	0.0	66	0.1				
기	타	1,049	1.3	1,258	1.4	995	1.1	1,288	1.4	1,559	1.7	2,271	2.4				
국	용	계		72,673	86.3	76,273	87.5	77,664	88.9	82,403	91.3	85,814	92.2	89,000	93.0		
	자	가	치	리	량	11,532	13.7	10,894	12.5	9,742	11.1	7,882	8.7	7,296	7.8	6,746	7.0
	직	접	반	입	량	25,698		28,039		23,912		23,490		25,225		26,158	

비로 만들어 이용하는 추세는 최근에 이르러 급격히 기술개발이 이루어져 전망이 좋다고는 하나 전체 쓰레기의 0.3%에 불과하다.

한편, 자원재생 활용 측면을 보면 '74년도 1.3%에서 '79년도 2.4%로 약 2배 가량 재활용이 증가하여 이 분야의 새로운 기술이나 수집 방법 등의 개선을 통한 노력이 점차 증대되고 있음을 알 수 있다.

쓰레기의 처리방법 및 현황을 기술하면 다음과 같다.

(1) 매립(Landfill)

매립은 종전부터 주로 사용하여 온 쓰레기 처리방법으로 쓰레기를 수거하여 일정 지역에 모아 흙으로 덮고 그 위에 초목을 심어 공원으로 가꾸기도 하며 일정 기간이 지난 뒤 농지나 택지로 활용하기도 하는 것으로 여타 다른 처리기술과 보완적으로 앞으로도 계속 이용될 것으로 전망되는 쓰레기 처리방법이다. 쓰레기의 부피를 줄여 가능한 많은 물량처리 및 경비의 최소화를 위하여 최근에는 쓰레기를 마치 커다란 벽돌 모양으로 쌓을 수 있도록 압착하여 매립하고 있다. 또한 소각에 의한 처리를 하고 난 뒤에 생기는 재(불연물 포함) 처리에 있어 산림 등에 공중 살포를 하기도 하나 아직은 매립에

의존하고 있다.

국내의 경우 도시 인근에서 매립지 확보가 어렵고 연탄재 등 불연물이 많이 발생되므로 매우 어려운 상황이긴 하나 아직까지는 단위 쓰레기당 처리비가 소각보다는 매립이 저렴하여 여전히 매립처리법이 이용될 전망이다.

그러나 매립이 가지고 있는 처리비 저렴의 잇점만을 가지고 매립을 고집할 수는 없으며 실제 도시 인근에서의 매립지 확보가 어려워지고 이에 따라 쓰레기 수송거리가 점차 장거리화하며 그나마도 확보자체가 어려운 심각한 상황에 직면하고 있다. 또한 매립의 경우 매립지의 지반 침하, 가스발생으로 인한 폭발의 위험, 침출액으로 인한 지표수 및 지하수의 오염, 악취발생 및 먼지의 발생, 해충, 쥐등의 번식 등 위생상의 문제가 있어 하루 속히 처리 방식을 바꾸어야 할 입장이다.

국내의 쓰레기는 약 96%가 매립에 의하여 처리되고 있는데 비하여 일본의 경우 약 25%, 프랑스의 경우 7% 정도만이 매립에 의존하고 있어 아주 대조적이다. 이와 같은 세계적 추세를 감안할 때 우리도 속히 소각이 쓰레기 처리의 주종을 이루고 여타 처리기술이 보조하는 형식으로 정책이 수립 되어야 할 것이다.



(2) 소각(Incineration)

쓰레기를 처리함에 있어 그 방법은 여러가지 이나 실제적으로 적용하기에는 환경공해 측면과 경제적인 면 그리고 기술적인 측면이 서로 복합적으로 작용하므로 그중의 한 가지를 택하여 쓰레기 전량을 처리한다는 것은 불가능하다. 실제에 있어서는 처리방법 몇 가지를 혼용하여야 하며 세계적인 추세도 소각, 매립, 재생, 퇴비화 등의 순서로 쓰레기를 처리하고 있다.

여기서 소각은 그 중 가장 많은 쓰레기 처리 기법으로 선진외국의 경우 60~80%가량을 이 소각방법에 의존하고 있으나 우리나라에서는 전체 쓰레기 발생량 중 96%가량을 매립에 의존하고 있는 실정으로 하루 속히 소각기법을 도입해야 할 것으로 생각된다. 이와 같은 세계적인 추세의 소각기법은 전술한 바와 같이 실제 적용에 있어 쓰레기의 질에 따라 그 처리기술이 다르므로 외국기술의 도입만으로 수분이 많고 발열량이 낮은 국내 쓰레기를 효율적으로 소각처리한다는 것은 매우 어려운 실정이다.

쓰레기 처리의 기본은 배출되는 쓰레기를 가능한 자원화하고 재이용하며 안전화, 무해화, 감량화함과 동시에 그 잔사물을 위생적으로 처리하는데 있다. 소각처리는 각각의 처리방법 중에서 감량효과가 크고 부식성 유기물을 연소시켜 무기화하고 병원미생물을 고온하에 사멸시키는 등 쓰레기 안정화와 무해화의 의미에서 대단히 우수한 방법이다. 유럽의 경우 1896년경부터 소각여열을 이용한 시스템을 구성하고 있으며 일본의 경우 1955년경부터 소각처리(10톤/일) 방법이 도입 되었으며 1958년에 나고야에 처음으로 연속연소를 위한 이동식 화격자 시스템이 적용되어 쓰레기 처리능력이 급격히 증가하였다. 이후 보급이 확산되어 오늘날에는 그 전성기이나 아직 기술적인 미해결점이 다수 남아 있다.

소각처리시에는 유리, 금속류, 전선지등 위험물질의 선별분제, 소각지 까지의 수송에 관한 제반문제, 소각후의 배가스처리 등 2차 공해문제 등이 해결되어야 할 문제들이다.

쓰레기 소각로의 종류는 여러 가지가 있으며 제작업체마다 서로 다른 형태의 소각로를 만들어내고 있다.

(3) 폐자원의 재활용(Recycling)

자원 고갈현상 및 공해물질의 환경오염 등이 심각한 현 시점에서 재활용이 가능한 물질을 쓰레기에서 회수하여 재사용한다면 공해도 막아주고 경제적인 면에서도 이득이 되므로 폐기물로부터 유용물질의 회수가 적극적으로 이루어져야 함이 당연하다. 회수방법에는 인력 및 기계력을 이용하는 방법과 제도적 측면에서 회수에 대한 자극(incentive)을 부여하는 방법도 있다. 인력 이용 회수방법은 쓰레기 선별과정에서 기계적 처리가 어려운 곳 등에 국한적으로 사용되기도 하지만, 장차 국내에 도입되어야 할 “배출전 가정에서의 선별분류”의 기본이 된다.

외국에서는 1970년대에 들어서면서 심각한 공해문제 해결이라는 대명제 아래 “Oregon 병법” 등이 제정되어 실시되기에 이르렀으며 그 효과는 대단히 큰 것으로 나타났다. 유리병은 다른 어떤 종류의 쓰레기 보다는 공해차원에서 심각한 문제를 야기시킨다. 즉 소각처리를 적용할 시에는 소각로 안에서 녹아 화격자에 달라 붙어 제거해야 하며 퇴비화시에는 완전히 선별되어야만 퇴비로서의 가치가 있기 때문에 부득이 사전에 골다 치분해야 하는 실정이다. 이러한 제문제에 봉착하여 맨 처음으로 미국의 Oregon 주와 Vermont 주에서 1972년에 병에 관한 법이 제정되었다. 그 후 이와 같은 부류의 법이 미국의 각주에 파급되고 유럽 지역에도 실시되고 있다.

이 병법(mandatory deposit law)은 사람들의 소비성향 뿐만 아니라 공장에서의 생산품 종류, 시장성 그리고 고용 등에도 영향을 끼치고 있다. 따라서 전체적인 효과가 긍정적일지라도 위와 같은 이유로 이러한 법의 실시를 반대하고 반박하는 결과를 낳고 있기도 하다. 이 법의 골자는 다음과 같다.

첫째, 맥주, 청량음료 용기에 최저 5 cent의 보증금을 부과한다.

둘째, 보증금의 20%를 취급료로서 제조업자

## ■ 資 料

와 용기업자가 소매점에 지불한다.

셋째, 용기의 수준은 보증금의 액수와 보증금이 유효한 주의 이름을 명기한다.

넷째, 소매점의 어떤 곳이 중앙보증금 수집시설이 되어, 보증금 지불 및 자원순환 센터로서의 역할을 한다.

다섯째, 상기 법 1회 위반에 대해 \$1,000 이하의 벌금에 처한다. 등등.....

이상의 법을 적용했을 때 다음과 같은 효과가 나타났다.

(i) 고속도로에 퍼져있는 쓰레기 중의 음료용기는 1973년부터 1974년 사이에 67%가 감소하였다.

(ii) 맥주의 판매는 10% 감소하였다.

(iii) 맥주, 청량음료수의 값이 상승했다.

(iv) 청량음료의 경우 재사용형의 유리병이 매우 증가했다.

일본에서의 분리수거 방식을 보면 지역에 따라 다소 차이는 있지만, 가연성 쓰레기와 불연성 쓰레기로 크게 2가지로 분류하여 수거하고 있으나, 최근에 이러한 2원분류 방식을 보완하기 위한 모델적용 시험을 실시하였는 바 그 연구 내용은 다음과 같이 4가지로 분류하여 월 수집회수를 조정하는 것으로 되어 있다.

○가연성 쓰레기 : 주방 및 가소성 플라스틱 등 연소가능 쓰레기

○불연성 쓰레기 : 경화성 플라스틱, 피혁류 등 소각부적 쓰레기

○자원화 가능 쓰레기 : 깡통, 금속류, 병, 유리 등 수집통에 들어갈 수 있는 쓰레기

○덩치가 큰 쓰레기 : TV, 냉장고, 장농 등 일반의 정기적 수집에 곤란한 것

위와 같이 분리수거함에 있어 “부피가 큰 쓰레기”는 신고제로 수시 접수 처리하였다. 또한 종전의 불연성 쓰레기로 분류되었던 가소성 플라스틱을 가연성 쓰레기로 귀속시켜 분리수거하고 깡통, 빈병 등 자원화가 가능한 쓰레기를 분리시켜 수거하였다.

분별용기 또한 초기에는 주민이 관리하도록 하였다가, 시에서 관리하는 순환 이용방식을 채

택하였는데 양자의 장단점이 있어 아직도 연구 중이다.

상기와 같이 분리수거 방식에는 여러 가지로 토의해야 할 점이 많이 발견되었으며 이를 그대로 국내에 적용하기에는 여건이 많이 다르므로 다음과 같은 제안을 한다.

국내의 경우 현재는 연탄재와 기타 쓰레기로 분류 수거하고 있지만 이를 개선하여 빈병, 유리류, 깡통 등 금속류 및 재생가능한 종이류는 노인회, 부인회, 자원재생공사 등을 활용하여 자원화하는 쪽으로 반상회, TV, 등 매스컴을 통해 계몽하여 수거하는 것이 바람직하다. 그리고 가연성 쓰레기중 주방쓰레기는 퇴비화를 위해 따로 수거하며, 주방쓰레기를 제외한 플라스틱, 피혁, 고무류 등 가연성분 쓰레기를 묶어 한 통에 수거한다. 한편, 연탄, 흙 등 불연성 쓰레기를 한 통에 배출하는 것으로 하여 이들을 균형 있게 요일별로 수거하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

○가연성 쓰레기 : 주방쓰레기 → 퇴비화

플라스틱, 종이, 고무, 피혁, 섬유 등 → 소각

○불연성 쓰레기 : 연탄재, 흙 등 → 매립 또는 자원화

○자원화 가능 쓰레기 : 병, 깡통, 금속류, 재생가능 종이류 → 자원화

상기와 같이 처리함에 있어 쓰레기통이 여러 개 필요하여 경비가 문제가 되는데 이는 시에서 보조하는 쪽이 바람직하며, 자원화에 따른 이익금의 일부가 이를 충당할 수도 있다.

물론 이러한 4원분류 수거제도의 타당성을 검토하기 위한 시범실시를 어느 한 도시에 시행하여 문제점을 보완하여 전체 도시에 시행하여야 할 것이다. 기계식 선별분류보다 훨씬 경제적이지만 주민의 협조가 큰 관건인 이상 홍보 계몽과 아울러 합리적인 쓰레기 수거회수 및 일시 그리고 쓰레기통의 개선 등이 요청된다.

### (4) 퇴비화(Composting)

쓰레기 퇴비화 기법은 호기성 미생물을 이용하여 쓰레기 중의 유기물을 분해하여 처리하는 방법으로 기계식 처리법이 개발된 이후 급속히

발달하였으며 다른 물질과 혼합하여 퇴비화하는 등의 방법으로 처리공정의 효율이 개선되어 보급되어가고 있다. 그러나 일본의 경우를 보면 1955년경에 전국에 약 30개소의 퇴비화 공장이 가동되어 당시 쓰레기의 약 3.6%를 이 방법으로 처리하였다가 그 후 급격히 쇠퇴하여 1976년 경에는 조업을 하는 공장이 8개소로 줄어 처리량등 전체 쓰레기량의 0.3%밖에 되지 않고 있다. 그렇지만 최근에 들어서는 유기 농업의 차원에서 새로이 퇴비화 처리방법에 대한 열이 높아지고 있어 흥미있는 일이라 할 수 있다.

퇴비화는 수분함량이 50~60%가 적당하며 수분함량이 많은 경우에는 혐기성 분해로 인한 악취가 발생하고 퇴비화 속도가 완만해지며 퇴비화에 필요한 온도상승이 저하된다. 퇴비화가 진행됨에 따라 수분이 증발하는 것을 막기 위해 퇴비더미를 덮어 주기도 하며 간헐적으로 물을 살포하여 수분을 보충하기도 한다.

퇴비화의 기법은 퇴비더미(windrow)식과 기계적 처리법 두 가지로 나눌 수 있는데 퇴비더미식에서는 산소공급 공간을 늘리기 위해서 쓰레기 입자가 큰 것이 좋으나 기계식에서는 자동처리 단계의 신속을 위하여 입자가 작은 것이 좋다. 퇴비더미식은 간단하다는 장점이 있으나 퇴비생산 종료기까지 약 30일이 소요되며 토지의 확보, 퇴비화 과정의 조절곤란, 악취발생, 위생상의 불결 등의 단점이 있다.

기계적 처리법은 전처리에서 후처리 까지의 모든 공정을 기계적으로 처리하여 속성퇴비를 생산하는 방식으로 단시일에 퇴비를 얻을 수 있는 큰 장점과 오염발생의 문제가 없고 퇴비화

과정동안 미생물에 의한 유기물 분해시 70~80°C 까지의 높은 열이 발생하여 이 열에 의하여 병원균, 기생충알이 사멸하므로 위생적으로 안전하게 사용할 수 있다.

기계적 처리방식은 퇴비더미식에 비하여 투자비가 많이 드나 상기와 같은 장점으로 선진외국에서 점차 그 이용율이 높아지고 있다.

우리 나라의 경우 퇴비화는 현실적으로 필요하기는 하나 실제 적용에 있어 기계식 공법을 적용하기에는 초기 투자비 운전비용 등이 기타 쓰레기 처리방법보다 현저한 장점이 기대되지 못하는 실정이다. 현재의 쓰레기 수분함량 등을 고려할 때 퇴비화의 가능성이 높다고 볼 수 있으나 장차 주방쓰레기의 처리 방법이 개선되어 방출량 자체가 변화하면 이에 대한 경제성은 회의적이며 실제로 현재 계획되고 있는 “서울특별시 강서구 목동 신시가지의 계획”에서는 주방쓰레기는 주방에서 소분채거를 통하여 하수로 배출되고 배출된 오물은 분뇨 등과 함께 하수처리장에서 처리되도록 계획되고 있어 이 경우 쓰레기 발열량 및 수분함량은 선진국과 별 차이가 없을 것으로 기대된다. 따라서 대단위 하수 중말처리장이 완료되면 주방쓰레기는 이러한 방법으로 처리하는 것이 가장 효율적일 것이다.

이러한 관점에서 보면 쓰레기 처리실시의 설치는 자연히 선진화된 쓰레기를 대상으로 될 것이므로 일본의 경우와 비슷한 소각위주(65%)로 되고, 퇴비화는 일본(0.3%)보다는 약간 상회할 수도 있겠지만 그리 높은 비율로 보급되기는 어려울 것으로 보인다.

(다음호에 계속)

