

배출원별 음식물 쓰레기 발생 특성 및 아파트 단지에서의 퇴비화 방안 (대전 및 충청남도 지역을 중심으로)

강 호, 이옥임, 김종원, 허형우*, 한승호*

충남대학교 환경공학과
*한화종합화학 환경연구실

Generation of Food Waste from Different Sources and Its Composting Measures at the Apartment Complex

H. Kang, O.L. Lee, J.W. Kim, H.W. Hur,* S.H. Han*

Department of Environmental Engineering, Chungnam National University,
Taejon 305-764, Korea

*Environmental Technology Research Center, Hanwha Group
Shinsung-Dong, Taejon 305-345, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the typical composition of food waste from municipal solid wastes (MSW) and unit food waste generation rates from different sources in the model cities and to study the food waste management system from unit household to composting facilities. The annual average food waste composition of MSW was determined as 49% in Taejon and 52% in Chungnam Province, respectively. No big difference in food waste composition was found among the different sources. Since the paper waste generally occupied the half of food waste, over 75% of MSW was found to be compostable or biodegradable. Per capita food waste generation rate, 200~250 g/capita·day was determined by the direct measurement from 32 households, while 380 g/capita·day for Chungnam Province and 400 g/capita·day for Taejon were estimated by the load count analysis in the sanitary landfills.

This difference means people contribute generating food waste at outside house approximately twice as much as that at inside house. Per capita food waste generation

rates from several sources were determined as follows; 166~215g/capita · day at municipalities, 400 g/visitor · day at a first class hotel, 170 g/student · day at a university restaurant. Food waste generation from restaurant was strongly dependant upon it's level or quality; 670 g/capita · day at the high level restaurant, 190 g/capita · day at the middle class and 60 g/capita · day at the lower class restaurant. The food waste reduction rate in a In situ fermentor showed 30~40g/kg · day.

Key words : composting, food waste, composition, generation, sources

초 록

음식물쓰레기의 발생량과 조성점유율이 증대됨에 따라 음식물쓰레기의 효율적인 처리 및 처분이 쓰레기 관리행정의 성공여부를 좌우하므로 도시규모별, 발생원별 음식물쓰레기의 양과 조성 그리고 단위 가정 및 퇴비화 의무대상업소에서의 배출현황을 조사하여 이를 통한 수거체제를 고찰하였다.

대전시와 충청남도 5개 표본도시로부터 조사한 음식물쓰레기의 연평균 조성은 50%를 넘고 있으며 주택가, 아파트, 상가지역간 조성비의 차이는 거의 없다. 종이류가 약 25% 정도를 유지하고 있기 때문에 매립장에 유입되는 일반폐기물의 75% 이상이 퇴비화로 처리가 가능하다. 음식물쓰레기 발생원단위는 단위가정조사의 경우 200~250 g/인 · 일이며 매립장에서 전체 발생 쓰레기를 기준으로 조사할 경우 380~400g/인 · 일이다. 이는 가정의 구성원이 가정에서보다 가정 밖에서 2배에 가까운 음식물쓰레기를 배출하고 있음을 시사해 주고 있다.

음식물쓰레기 감량화 의무대상업소인 연구소와 관공서의 음식물쓰레기 원단위는 각각 166 g/인 · 일과 215 g/인 · 일로 조사되었고 대중음식점의 경우 수준에 따라 발생원단위는 현저하다. 고급인 경우 670 g/인 · 일, 중급은 190 g/인 · 일 그리고 대중음식점은 평균 60 g/인 · 일이다. 1급 호텔의 경우 400 g/인 · 일이며 집단급식소인 대학교 학생회관의 경우 170 g/인 · 일로 조사되었다. 가정용 퇴비화 용기내에서 자연감량율은 1일 3~4%의 수준을 나타내고 있다.

핵심용어 : 음식물쓰레기, 조성, 발생 원단위, 퇴비화, 수거체제

1. 서 론

1996년말 대전광역시에서는 1일 평균 1,300 톤의 쓰레기를 발생시키고 있으며 이는 시민 1인당 하루에 0.83 kg을 배출하는 셈이다. 이중 음식물쓰레기는 Table 1에 나타난 바와 같이 주거지역의 경우 발생 쓰레기의 46~50%를 차지하여 전체 쓰레기의 절반을 육박하고 있고,

다음은 종이류로써 21~25%, 그 다음은 비닐 · 플라스틱류로써 12%, 기타, 유리 · 도자기류, 금속 · 알루미늄과 무기류를 합하여 17~18%의 점유율을 나타내고 있다. 또한 상가지역의 음식물쓰레기 점유율은 52%이며 심지어 공단지역에서조차 39%의 높은 점유율을 차지하고 있다.

향후 재활용율이 증가하면 음식물류는 전체 발생 쓰레기 중 절반이 훨씬 넘는 60%까지 차지하리라 예상된다. 이 조사결과는 매립장에 도착

된 수거차량을 기준으로 한 것이나 실제 각 가정에서는 이보다 훨씬 높은 70% 이상을 음식물 쓰레기가 차지하리라 예상된다. 이는 선진국 수준의 20~30% 수준에 비해 월등히 높은 점유율을 차지하고 있는 셈이다.

따라서 발생 쓰레기 중 대부분을 음식물쓰레기가 차지하고 있기 때문에 향후 쓰레기 관리 행정의 성공여부는 음식물쓰레기의 효율적인 처리/처분에 달려있다해도 과언이 아니다.

음식물쓰레기는 수분함량이 높아서 쓰레기 압축시 압축에 의한 부피 감소 효과를 거둘 수 없고 소각처리시는 발열량이 낮아 비경제적이다. 또한 대부분이 생분해성이기 때문에 아주 빠른 속도로 분해하여 악취가 발생하므로 보관, 운반 및 취급하기가 용이하지 않다. 현재 음식물쓰레기의 처리방법은 대부분 매립에 의존하고 있으나 냄새 및 침출수 발생 등의 2차 공해요인이 되기도 하며 무엇보다도 매립지 확보의 어려움 때문에 음식물쓰레기의 효과적인 처리방안을 강구해야 할 시점에 놓인 것이다.

그 중 가능한 대안으로써 혐기성소화와 퇴비화를 들 수 있다. 음식물쓰레기의 고형물함량은 20~25% 정도라서 고체상 혐기성 소화(Solid

State Anaerobic Digestion)공정을 거쳐야 처리가 가능하다. 유럽에서는 쓰레기의 고형소화가 성공적으로 운영되고 있으나 고도의 기술과 시설투자 및 운영비가 요구되고 있는 실정이다. 결국 음식물쓰레기의 적정처리 대안으로써 음식물쓰레기의 재활용과 발생원에서의 원천적인 감량화가 대두되었고, 이의 목표를 달성하기 위해서 음식물쓰레기의 퇴비화 방안이 구체화 되기에 이르렀다. 음식물쓰레기는 전술한 바와 같이 부패속도가 빨라서 악취 및 해충번식으로 인한 심미적 불쾌감 때문에 발생 현지에서의 퇴비화 처리가 가장 바람직 하겠으나 발생원에서 퇴비화 처리가 곤란할 경우에는 공동수거하는 방안이 강구되어야 한다. 따라서 음식물쓰레기의 발생현황과 특성을 규명하여 이를 통한 수거체계 확립이 가장 기본적으로 정립되어야 할 과제라 여겨진다.

본 연구목표는 가정에서 배출된 음식물쓰레기 퇴비화를 위한 수거체계를 확립하기 위한 기초조사로써, 첫째 대전광역시와 충청남도의 중소 규모 도시에서 배출하고 있는 일반폐기물 중 음식물쓰레기의 조성을 조사하여 음식물쓰레기의 점유율을 알아보며, 둘째 단위 가정 및 퇴비화

Table 1. Average composition of MSWs generated from different sources in Taejon (year 1996) (unit : %, w/w)

Composition	Residential Area	Apartment Complex	Commercial Area	Industrial Area	Average*
food	50.1	49.8	48.0	44.1	47.4
paper & cardboard	22.0	21.3	18.0	24.2	21.4
textile	2.5	3.9	5.9	4.6	4.3
vinyl & plastics	12.2	12.1	15.5	12.6	13.4
wood	2.0	3.4	1.4	0.6	1.3
leather & rubber	1.3	1.1	1.4	2.0	1.6
glass & ceramic	6.7	5.1	6.5	4.1	5.8
metal & aluminium	2.3	2.3	2.7	4.6	3.2
dirt & ashes	0.9	0.8	0.5	3.1	1.5
others	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1
combustible	90.0	91.2	90.1	88.1	89.4
noncombustible	10.0	8.8	9.9	11.9	10.6

* Industrial area is excluded when calculating average composition

의무대상 업소에서 배출되는 음식물 배출현황을 조사하고, 셋째 음식물쓰레기를 각 가정의 보관 용기에 모은 후 중간 수집통에 투입하기 전까지의 발효특성을 알아보며, 넷째 아파트 단위 가정에서 보관 및 수거 시스템을 고찰하는데 있다.

2 연구 방법

2.1 매립장에서 음식물쓰레기 조성조사

대전광역시와 충청남도 5개 표본도시(천안, 공주, 보령, 연기, 청양)의 일반폐기물 매립장에서 변형고안한 원추 4분법으로 음식물쓰레기의 조성비를 직접 현장에서 조사하였다. 용도지역은 아파트, 주택가, 상업지역, 공단지역으로 구분하여 분기에 1회씩 1년에 걸쳐 실시하였다.

2.2 음식물쓰레기 발생량 조사

퇴비화 촉진을 위한 음식물쓰레기 수거체계를 확립하기 위한 배출원은 크게 3부류로 구분할 수 있다.

첫째는 정부가 폐기물관리법 제12조 및 시행규칙 제6조(1998년 1월 1일 시행)에 따른 퇴비화 의무화 대상업소이다. 이는 1일 연인원 100 이상 집단급식소와 객실면적 100 m² 이상의 휴게음식점 및 일반음식점, 대규모점포, 농수산물 도매시장, 농수산물 공판장, 호텔, 콘도미니엄 등의 사업장이 이에 속한다. 둘째는 퇴비화 의무화 대상업소는 아니므로 중간처리를 거칠 필요는 없으나 쉽게 수거가 용이한 밀집 유통상가 지역을 들 수 있다. 세번째 배출원은 단위가정이다. 단위가정 발생원도 주거지역의 형태에 따라 단독주택과 아파트로 구분되지만 단독주택의 경우 음식물쓰레기만의 수거체계를 확립하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 허나 아파트의 경우 1개棟에 평균 150세대 이상이 모여살기 때문에

수거체계만 잘 갖춰진다면 손쉽게 퇴비화를 위한 다량의 음식물쓰레기 수거가 가능하다.

2.2.1 음식물쓰레기 감량의무 대상사업장으로 부터 발생량 조사

배출량이 많아서 매립처리 전 중간처리를 해야만 하는 대형 배출원으로 대전시 소재 C대학교를 선정하였고, 음식물쓰레기 감량의무화 대상업소로서 수거가 용이한 밀집 유통상가지역의 고급음식점에서부터 대중음식점중에서 3곳을 선정하였다.

그리고 향후 대전광역시가 11개 중앙부서의 이전 및 대덕연구단지 조성과 함께 과학연구 도시로의 성장에 발맞춰 행정관청 2곳을 선정하였고, 끝으로 유락 관광지역인 유성에서 호텔 1곳을 선정하였다.

위에서 선정된 배출원에서의 음식물쓰레기 발생량조사는 발생하는 음식물쓰레기를 처분하기 전에 무게를 달았으며 매월 7~10일간 연속해서 배출현황을 조사하였다. 그리고 음식물쓰레기 원단위 배출량을 계산하기 위한 이용객 수의 산정은 주방 및 카운터에서 직접조사한 이용객 수와 음식물쓰레기 발생에 기여하는 직원 및 종업원의 수를 합산하여 산정하였다.

2.2.2 단위가정으로 부터 발생량 조사

단위가정에서 배출되는 음식물쓰레기의 양과 원단위를 정확히 파악하기 위해서 대전시 유성구 소재 D아파트의 32개 조사가정에 20kg 용량의 상명저울을 공급하였으며 매일 발생한 음식물쓰레기를 발효통에 넣기 전에 무게를 재어 1일 평균 발생량과 원단위를 측정하였다.

2.2.3 In situ 발효통에서의 음식물쓰레기감량 측정

본 조사에서 사용한 흰색발효통은 직경 상부 30 cm, 하부 27 cm, 높이 36 cm인 원통형으로

발효통 하부에는 체 (Sieve)가 설치되어 음식물 찌꺼기로부터 침출수가 빠져 고일 수 있도록 고안되었고 고인 침출수를 빼낼 수 있도록 Cork가 설치되어 있다. 상부 덮개에는 고무 Gasket이 부착되어 냄새가 외부로 새나가지 못하도록 하였으나 완전히 냄새를 차단하지는 못하였다.

각 가정에서 발생한 음식물쓰레기는 썩크대 위에 설치되어 있는 간이 Vinyl Bag에 모았다가 대개 당일저녁 설거지 후 무게를 단 후 발효통에서 발효시킨다. 때때로 음식물쓰레기가 Vinyl Bag의 용량(대개 1 kg)에 찰 때까지 2~3일간 축적시킨 후 보관했다가 발효통에 넣는다. 발효통에서 약 7~10일간 발효시킨 후 발효된 음식물쓰레기 무게를 재어 발효 기간 중 발효에 의한 감량을 구하였다.

각 가정에서 발생한 음식물쓰레기가 중간 발효통에 모아지면 Y구형에서 Roll-on car를 이용하여 1주일에 20개 정도의 중간 수거통을 수거하여 퇴비생산업체인 P산업에 운반한다. 그곳에서 다시 최종적으로 가공처리하여 비료대용으로 판매를 실시하는 체계를 유지하고 있다.

3. 결 과

3.1 대전광역시 일반폐기물 중 음식물쓰레기의 조성

1996년 대전광역시 일반폐기물의 용도지역

별, 월별 음식물쓰레기 조성을 Table 2에 요약하였다. 2월과 3월에 각각 42.1%와 44.6%로 가장 낮았으며, 8월과 10월에 59% 이상의 높은 조성점유율을 나타내고 있다. 계절적 변화는 12월, 1~3월까지의 평균 45%의 점유율을 보이다가 4~7월 사이에는 평균 50%로 점점 증가한다. 그리고, 8~11월에는 평균 56%의 높은 점유율을 나타내고 있다.

용도지역별 성상별 연평균 조성 점유율은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 주택가 45%, 아파트 지역 50%, 상가 52%로써 1996년 대전광역시의 음식물쓰레기 전체 평균은 49%로 조사되었다.

3.2 충청남도 5개 표본도시 일반폐기물 중 음식물쓰레기의 조성

1996년 계절별 충청남도 5개 표본도시의 용도별 계절별 음식물쓰레기 조성을 Table 3과 Fig. 2에 나타내었다. 공단지역을 제외한 주거지역과 상가지역의 계절별 차이는 거의 비슷하며 시와 군 규모에서도 음식물쓰레기 조성은 비슷하였다.

충청남도 5개 표본도시의 연평균 음식물쓰레기 조성은 평균 52%를 점유하고 있는 것으로 조사되었다. 향후 재활용율이 증가하면 음식물류는 전체 발생 쓰레기 중 절반이 훨씬넘는 60%까지 차지하리라 예상된다. 이 조사결과는 매립장에 도착된 쓰레기 수거차량을 기준으로 한 것이

Table 2. Monthly average food waste composition of MSWs in Taejon

(unit : %)

Area	Month												Average	σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Residential	46.9	43.4	51.0	49.3	42.5	34.3	39.0	43.8	47.6	56.3	54.2	39.0	45.6	6.5
Apt. Complex	46.1	33.3	46.3	46.3	63.1	49.7	50.7	49.2	50.1	63.7	48.6	50.7	49.8	7.9
Commercial	48.0	49.6	36.5	49.9	57.6	63.6	54.8	45.6	58.3	59.1	54.5	54.8	52.7	7.3
Industrial	35.8	21.5	39.0	40.8	52.5	31.5	34.0	38.6	60.0	38.1	36.3	34.0	38.5	9.8
Average*	47.0	42.1	44.6	48.5	54.4	49.2	48.2	59.1	52.0	59.7	52.4	48.2	49.4	

* The Data from industrial area are excluded when calculating the average

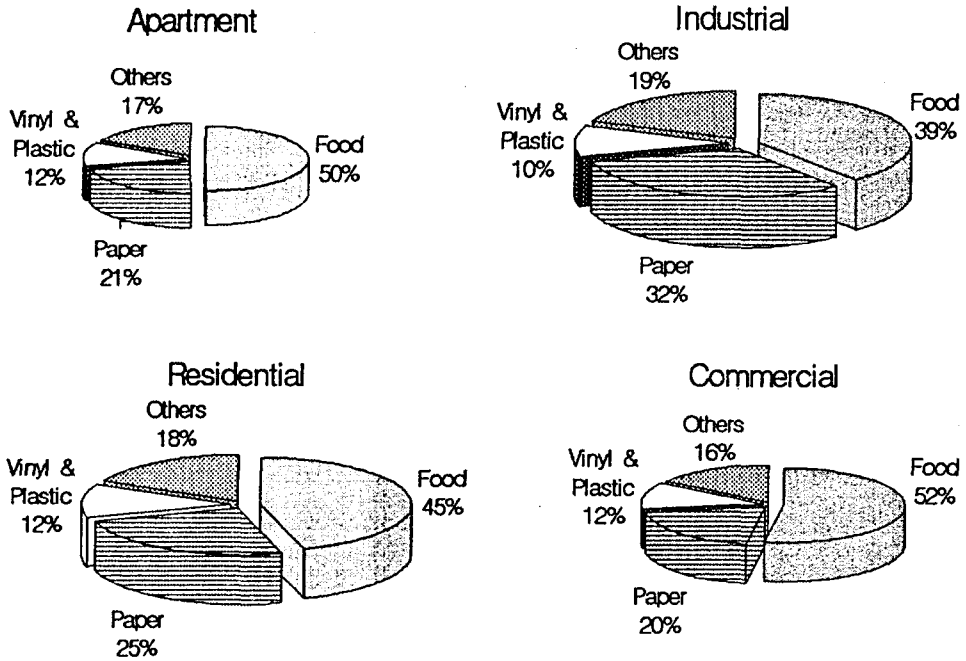


Fig. 1. Annual average composition of MSWs generated from different sources in Taejon.

나 실제 각 가정에서는 이보다 훨씬 높은 70% 이상을 음식물쓰레기가 차지하리라 예상된다.

충청남도 5개 표본도시와 대전광역시 조사결과를 통해 볼 때 대략 일반폐기물의 절반(50%)을 음식물류가 차지하며 음식물류의 절반을 종이류가, 종이류의 절반을 비닐, 플라스틱류와 기타류가 각각 차지하고 있는 경향을 나타내고 있다. 따라서, 도시의 크기와 관계없이 대부분 도시에서 발생하고 있는 쓰레기 중 절반 이상을 음식물쓰레기가 차지하고 있기 때문에 향후 지방자치단체의 쓰레기 관리 행정의 성공여부는 음식물쓰레기의 효율적인 처리/처분에 달려 있다해도 과언이 아니다.

특히 최근에 처리대안으로 적용해 오고 있는 음식물쓰레기 퇴비화 과정에서 전체 일반폐기물 중 대략 25%를 점유하고 있는 종이류를 수분 조절재로 사용할 수 있다면 매립장에 유입되는 일반폐기물의 75% 이상을 퇴비화로 처리가 가능

Table 3. Average composition of food wastes generated from five model cities in Chungnam Province (1996) (Unit: %, w/w)

Area		Season	Spring	Summer	Fall	Winter	Average
Residential	Chõnan	50.4	50.25	45.75	48.52	48.7	
	Boryõng	46.5	44.4	48.25	54.5	48.4	
	Kongju	48.9	55.5	61.65	67.2	58.3	
	Yenki	60.0	57.7	53.8	57.07	57.1	
	Chongyang	53.1	51.8	42.9	34.8	45.7	
	Average	51.8	51.9	50.5	52.4	51.7	
Commercial	Chõnan	59.0	50.5	55.2	48.9	53.4	
	Boryõng	54.3	44.0	46.3	47.4	48.0	
	Kongju	51.8	55.0	47.7	51.9	51.6	
	Yenki	49.9	54.1	62.3	67.3	58.4	
	Chongyang	33.6	56.3	54.9	50.2	48.8	
	Average	49.7	52.0	53.3	53.1	52.0	
Industrial	Chõnan	28.3	31.8	14.1	2.0	19.1	
	Boryõng	4.3	17.1	49.4	46.9	29.4	
	Average	16.3	24.5	31.8	24.5	24.3	

하다고 사료된다.

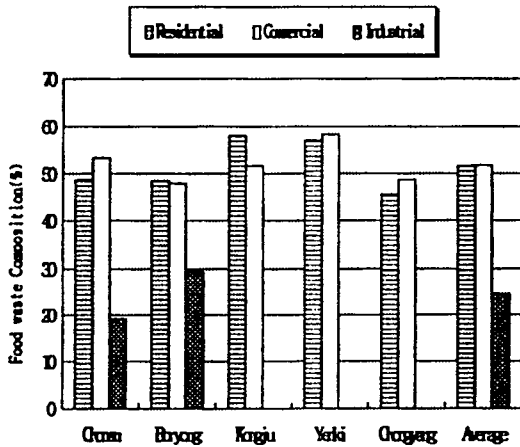


Fig. 2. The composition of food wastes of five model cities in Chungnam Province.

3. 3 대량 배출원으로부터 음식물쓰레기 발생량

3. 3. 1 연구소와 관공서

대전광역시에는 대덕연구단지와 제2 종합청사 가 완성되면서 명실상부한 한반도의 중핵거점도시로 성장하게 된다. 따라서 연구기관과 관공서에서 배출되는 대표적인 음식물쓰레기양을 알아보기 위해서 W연구기관과 Y관공서를 배출원으로 선정하였는데 Table 4에 나타난 바와 같이 원단위 범위는 150~280g/인·일이다.

W연구기관과 Y관공서 모두 조사기간 중 하절기(6, 7, 8월)의 배출량이 증가하고 있다. W연구기관의 경우 7월에 최대 280g/인·일이 배출되었고 Y관공서의 경우 6월에 최대 195g/인·일이 배출되었다. 그리고 1인 1일 평균배출량은 W연구기관이 215g, Y관공서가 166g이다. 단위면적당 1일 배출량 범위는 W연구기관(55~98g/m²·일)이 Y관공서(127~155g/m²·일)보다 약 2배의 방문객이 음식물쓰레기 배출에 기여하였음을 알 수 있고 6월에 더 증가하는 추세를 보이고 있다. 연평균 W연구기관은 1일 1m²당 136g을, Y관공서는 274g을 각각

배출하고 있다.

3. 3. 2 대중 음식점

대중음식점에서 발생하고 있는 음식물쓰레기의 양은 음식점의 수준에 따라 배출량이 현저하다. Table 4에 나타난 바와 같이 고급음식점인 H에서는 방문객 1인이 1일에 454g에서 무려 980g까지 아주 높은 원단위 배출범위를 보여주고 있는데 이는 가정에서 배출하는 양보다도 훨씬 높은 수치이며 H음식점이 음식물쓰레기를 불필요하게 많이 버리고 있음을 시사해 주고 있다. 중급 음식점인 G의 경우는 H음식점의 30~50% 수준으로 대략 200g/인·일 정도 배출하고 있으며, 하급 음식점인 P는 40~80g/인·일의 낮은 원단위를 나타내고 있다.

월별 발생량 추이는 H음식점의 경우 3, 9, 10월의 발생량이 현저하며 G음식점은 7, 8월 그리고 P음식점은 6월에 음식물쓰레기 발생량이 비교적 높다. 단위면적당 1일 배출량 변화는 H음식점의 경우 평균 70g/m²·일이며 G와 P음식점은 각각 평균 47g/m²·일과 42g/m²·일이다.

3. 3. 3 호텔

조사대상 호텔인 유성소재 A호텔에서의 음식물쓰레기 발생 원단위는 293g/인·일에서 495g/인·일까지 원단위 폭이 다양하다. 이는 호텔 방문객수의 변동에 기인된 것이라 사료된다. 계절적인 변동은 뚜렷하지 않으나 5월과 6월의 발생량이 다른 달보다 많은 것으로 조사되었다. 연평균 발생량은 398g/인·일이다. 단위면적당 배출량은 평균 135g/m²·일로써 백화점(26~44g/m²·일)에서 보다 훨씬 높다(Table 4).

3. 3. 4 집단 급식소

집단급식소로써 조사대상지역인 C대학교 학생회관(3곳)에서의 음식물쓰레기 발생원단위는

Table 4. Unit food waste generation rate from different sources in Taejon

Source		Month										Ave.	건축 연면적 (m ²)
		2	3	4	5	6	7	8	9	10			
W연구 기관	1일 음식물 발생량(kg/일)	8.3	7.5	8.9	9.3	11.2	11.2	10.0	12.0	13.4	10.2	136	
	1일 방문객수 (명)	48	45	42	44	53	40	39	60	61	48		
	원단위 (kg/인·일)	0.173	0.167	0.212	0.211	0.211	0.280	0.257	0.200	0.220	0.215		
Y관광서	1일 음식물 발생량(kg/일)	35.7	36.1	34.8	35.1	49.6	38.3	38.5	42.4	39.3	38.9	273.8	
	1일 방문객수 (명)	242	220	236	235	254	219	209	243	243	233		
	원단위 (kg/인·일)	0.148	0.164	0.147	0.149	0.195	0.175	0.184	0.174	0.162	0.166		
H고급 음식점	1일 음식물 발생량(kg/일)	58.1	89.8	67.1	73.0	57.2	68.4	59.7	66.5	75.8	68.4	972	
	1일 방문객수 (명)	128	104	122	119	113	103	114	68	86	106		
	원단위 (kg/인·일)	0.454	0.864	0.550	0.613	0.506	0.664	0.524	0.978	0.881	0.670		
G중급 음식점	1일 음식물 발생량(kg/일)	11.8	11.6	10.4	10.3	9.6	11.9	11.2	9.9	9.2	10.7	226.8	
	1일 방문객수 (명)	53	57	59	55	58	52	48	63	66	56		
	원단위 (kg/인·일)	0.223	0.204	0.176	0.187	0.166	0.228	0.232	0.157	0.139	0.190		
P대중 음식점	1일 음식물 발생량(kg/일)	6.2	7.5	7.6	6.6	7.0	8.5	7.3	7.5	8.2	7.4	175	
	1일 방문객수 (명)	101	128	132	147	83	138	129	131	139	125		
	원단위 (kg/인·일)	0.061	0.059	0.058	0.045	0.084	0.061	0.057	0.057	0.059	0.060		
A호텔	1일 음식물 발생량(kg/일)	88.5	106.6	89.3	87.5	98.5	91.1	87.3	103.5	112.1	96.0	712.8	
	1일 방문객수 (명)	302	281	228	212	199	230	209	259	282	244		
	원단위 (kg/인·일)	0.293	0.379	0.392	0.413	0.495	0.396	0.418	0.400	0.398	0.398		
C대학교 학생회관	1일 음식물 발생량(kg/일)	1047	1191	1141	1232	935	1003	917	1040	1261	1085	3402.8	
	1일 방문객수 (명)	7387	6823	6992	6635	5802	5718	5538	6087	6276	6362		
	원단위 (kg/인·일)	0.142	0.175	0.163	0.186	0.161	0.175	0.166	0.171	0.201	0.171		

142 g/인·일에서 201 g/인·일의 범위를 보이고 있다. 9월과 10월이 타계절보다 높으며 하기 방학기간에서의 발생량이 비교적 작으나 그 크기는 아주 미비하며 Y관공서보다도 높은 발생량을 보이고 있다.

단위면적 1 m²당 1일 음식물쓰레기 배출량은 평균 319 g으로써 아주 높다. 이는 6,000~8,000명의 학생들이 음식물쓰레기 발생에 기여했기 때문이다(Table 4).

3.4 단위가정으로 부터 음식물쓰레기 발생량 및 원단위

유성구 신성동 조사대상 아파트(D 아파트)에서 96년 3월~4월까지 예비조사한 음식물쓰레기 발생원단위 범위는 138~200 g/인·일이며 평균 173 g/인·일이다. 본 조사사업은 6월부터 본격적으로 시작되었다. Table 5에 나타난 바와 같이 여름철이 진행되면서 원단위는 증가 추세를 나타내고 있다. 조사 기간 중 6월의 음식물쓰레기 발생은 3개동 평균 200~226 g/인·일의 범위이며 7월은 237~250 g/인·일 으로 6월보다 다소 높으나 8월의 경우 276~326 g/인·일의 범위로 가장 높은 발생 원단위를 나타내고 있다. 특히 "C"동의 경우 8월의 음식물쓰레기 발생 원단위가 326 g/인·일로 가장 높으나 평균값에 대한 편차는 가장 크다는 사실을 주지해야 한다. 9월의 경우는 256~289 g/인·일으로써 6월과 7월보다 발생 원단위는 높는데 이는 계절에 따라 소비하는 과일과 음식류가 다르다는데 기인된다. 조사 기간 중(6~9월) 조사대상 아파트 3개동의 음식물 발생 쓰레기 원단위 평균에 대한 편차는 비교적 큰 편이다.

조사대상 가구수 각각으로부터 월별 발생 원단위 폭은 "A" 동의 경우, 적게는 149 g/인·일에서 많게는 396 g/인·일까지 조사되었고 "B" 동의 경우는 125 g/인·일에서 415 g/인·일까

지 "C" 동의 경우는 적게는 109 g/인·일에서 많게는 무려 747 g/인·일까지 조사되어 발생 원단위 폭이 아주 큼을 알 수 있다(Fig. 3). 조사대상 아파트에서 발생한 음식물쓰레기 원단위는 유성구내 관공서나 중급음식점의 원단위와 비교해 볼때 현저히 높으며 일반 호텔에서의 음식물쓰레기 발생원단위와 비슷한 수준이다.

음식물쓰레기 발생 원단위는 단위가정조사의 경우 1인 1일 200~250 g이며 매립장조사에서 조성비를 기준으로 할 때는 대전시는 1인 1일 약 400 g이며 충청남도는 1일 1인이 380 g을 배출하는 것으로 조사되었다. 이는 단위가정의 구성원이 가정에서보다 가정이외의 곳에서 더 많은 음식물쓰레기를 배출하고 있기 때문이다.

앞서 조사한 원단위를 기준으로 계산할 때 8월의 경우 조사대상 아파트 1棟(15층 기준)에서 1일 음식물쓰레기 발생량은 167~196 kg에 달하며 아파트 한 통로(Line 당)에서 1일 발생하는 음식물쓰레기 발생량은 33~39 kg에 달하리라 예상된다.

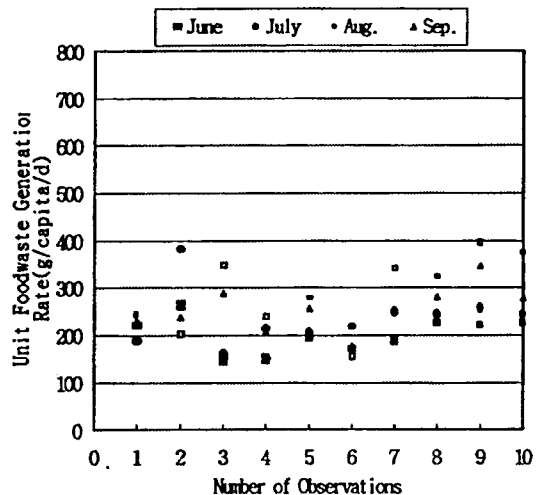


Fig. 3. Monthly variation of unit food waste generation rate from the investigated apartments (A dong).

Table 5. Unit food waste generation rate from investigated apartment (g/capita · day)

Month No of observation	June			July			August			September		
	A동	B동	C동	A동	B동	C동	A동	B동	C동	A동	B동	C동
①	218	125	109	191	140	127	246	267	138	231	152	180
②	263	222	302	380	235	164	204	301	230	238	278	231
③	149	238	292	162	246	319	348	292	351	288	270	203
④	151	178	140	213	126	149	241	207	109	208	186	143
⑤	198	165	136	206	220	203	277	398	359	256	252	267
⑥	168	195	233	216	345	225	157	253	225	178	373	287
⑦	191	231	160	251	238	160	340	415	238	251	232	196
⑧	224	207	195	246	233	233	323	166	277	281	178	284
⑨	218	281	258	258	361	300	396	274	353	346	326	297
⑩	224	197	267	246	223	352	372	215	475	278	360	509
⑪	-	-	344	-	-	409	-	-	747	-	-	565
⑫	-	-	270	-	-	355	-	-	411	-	-	308
Average	200 ±34	204 ±41	226 ±73	237 ±56	237 ±70	250 ±90	290 ±74	279 ±75	326 ±164	256 ±44	261 ±72	289 ±122

3.5 In situ 발효통에서의 음식물쓰레기의 감량

가정에서 발생한 음식물쓰레기를 In situ 퇴비화 발효통에 넣어 7일 정도 발효시킨 후 무게 감량을 조사하였다. 감량조사는 3월부터 시작하였으나 대부분의 발효조가 다용도실에 위치해 있고 그곳의 평균 온도가 4.8~10.2°C 범위이고 최저기온평균은 -0.1~3.9°C로써 낮은 온도가 유지됨에 따라 퇴비화는 거의 일어나지 않았으며 5월도 역시 낮과 밤의 기온차가 심하여 퇴비화 반응이 잘 일어나지 않았다. 따라서 본 조사에서 사용한 발효조는 특별한 보온장치가 없기 때문에 가정에서의 In situ 퇴비화 적정기간은 6, 7, 8, 9월의 4개월이라 사료되어 이 기간 중에 발효특성을 조사하였다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 여름철이 진행되면서 In situ 발효통에서 발효에 의한 감량율은 증가 추세를 나타내고 있다. 조사기간 중 6월의 음식물쓰레기 감량율은 조사대상 아파트 3개동에서 In situ 발효통의 음식물쓰레기 1kg당 1일 평균 17~22g이 감량되었으며 7월에는 25~37 g/kg·일로 가장 높은 감량율을 보이고 있

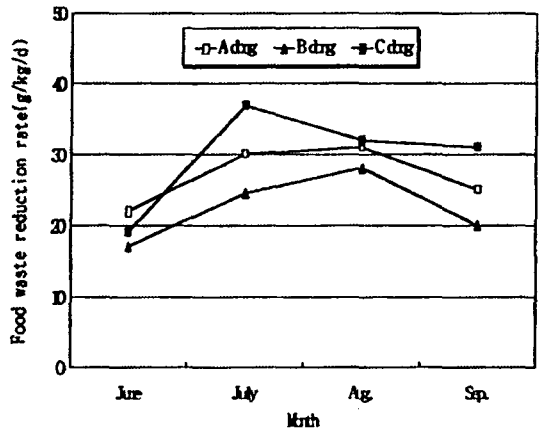


Fig. 4. Monthly variation of food waste reduction rate in a In situ fermentor of the investigated apartments.

다. 다시 말하면 발효조내 발효중인 음식물쓰레기가 1일 평균 2.5~3.7% 무게 감량을 이루고 있다는 것이다. 8월에는 28~32 g/kg·일로 7월보다 다소 낮았으나 여전히 3% 정도의 무게 감량이 발효에 의해서 일어나고 있음을 알 수 있다. 9월의 경우는 20~31 g/kg·일로 감량

변화 폭이 아주 크다. 조사 기간 중 퇴비 화에 의한 음식물쓰레기의 평균 감량에 대한 편차는 비교적 큰 편이다. "A"동의 경우 적게는 9 g/kg·일에서 많게는 64 g/kg·일까지 조사되었고 "B"동의 경우 8.3 g/kg·일에서 45 g/kg·일까지 "C"동의 경우 적게는 7.6 g/kg·일에서 많게는 무려 94 g/kg·일까지 조사되어 거의 10%에 가까운 감량율을 나타낸 경우도 있다.

이렇게 감량율이 낮은 원인은 무엇보다도 퇴비화 반응이 회분식으로 진행되고 있다는 점이다. 7일 내외의 기간 중 발효된 compost를 발효통에 일부 남기지 않고 전량 중간 수집통에 버리고 다시 새로운 음식물쓰레기를 퇴비화 시키는 관례로 퇴비화 반응의 연속 정상상태를 유지하지 않았다는 점이다. 따라서 가정용 음식물쓰레기 보관용기의 구비조건에서 감량은 보온시설이 없는 경우와 회분식의 경우 퇴비화 반응이 활발치 않아서 3~4% 수준의 감량율을 퇴비화 용기 설계시 고려할 수 있다고 사료된다.

3.6 아파트 각 가정에서의 음식물쓰레기 관리 체계

현재 우리나라에서 퇴비화가 가능한 음식물쓰레기 수거 및 운반체계는 배출원에 따라 다양한 형태가 존재한다. 우선 제도적으로 규정하고 있는 퇴비화 의무화 대상업소를 들 수 있고, 둘째는 퇴비화 의무대상 업소는 아니나 쉽게 다량의 음식물쓰레기 수거가 용이한 밀집 유통상가 지역을 들 수 있다. 셋째는 단위가정으로써 본 연구에서는 아파트 단지로부터 음식물쓰레기의 보관, 수거, 관리에 초점을 맞추었다. 왜냐하면 단독주택에서 발생한 음식물쓰레기만을 구분하여 수거하는 체제를 구축하기란 그리 쉬운일이 아니나 아파트의 경우 1개동에 평균 150세대 이상이 모여살기 때문에 효율적인 수거체계를 통

해 손쉽게 퇴비화의 목적을 달성할 수 있기 때문이다. 따라서 적정 용기를 개발하여 음식물쓰레기를 효율적으로 보관 및 수거하기 위해서는 발생원인 아파트 각가정에서부터 퇴비화 처리시설까지 음식물쓰레기의 관리체계가 먼저 고찰되어야 한다. 아파트의 각 가정에서 최종 처리까지 음식물쓰레기 관리 체계는 Fig. 5와 같이 요약할 수 있다.

I 유형 관리체계

일본에서는 이미 "음식물쓰레기 자동 소멸장치"라 하여 각 가정에서 발생한 음식물쓰레기를 직접 퇴비화하는 장치가 시판되고 있다. 이장치의 특징은 4인 가족기준에 의해 발생한 음식물쓰레기를 대략 5~6개월간 계속해서 주입 하더라도 Compost가 발생되지 않는다는 점이다.

이 장치의 또다른 특징은 퇴비화시 항상 해결하기 어려운 문제점인 냄새문제를 완전히 해결하여 마치 소형 세탁기와 같은 편리성이 제공되고 있다는 점이다. 이러한 장치가 성공적으로 운전되고 있는점 중의 하나는 고속 및 고열 발효가 가능한 중균제의 개발에 있다고 하겠다. 최근 우리나라의 대기업에서도 일본제품과 비슷한 "음식물쓰레기 자동소멸장치"를 개발하여 거의 시판단계에 이르고 있으나 우리나라 음식물쓰레기 분해에 적합한 중균제의 개발은 아직도 초보단계에 있다고 사료된다. 한편 가정용 음식물쓰레기 자동소멸장치는 가격이 비싸기 때문에 현재 우리나라의 경제력으로볼 때 시기상조란 의견이 대두되고 있으나 이는 GNP 상승과 함께 수요는 증가하리라 예상한다. 이는 각 가정에서 발생한 음식물쓰레기를 발생원인자가 책임지고 처리하는 체계로써 환경인식의 고조와 함께 큰 호응을 얻을 수도 있을 것이다. 그러나 아파트 각 가정에서 발생한 음식물쓰레기를 아파트 통로(Line별)별이나棟별로 수거하여 처

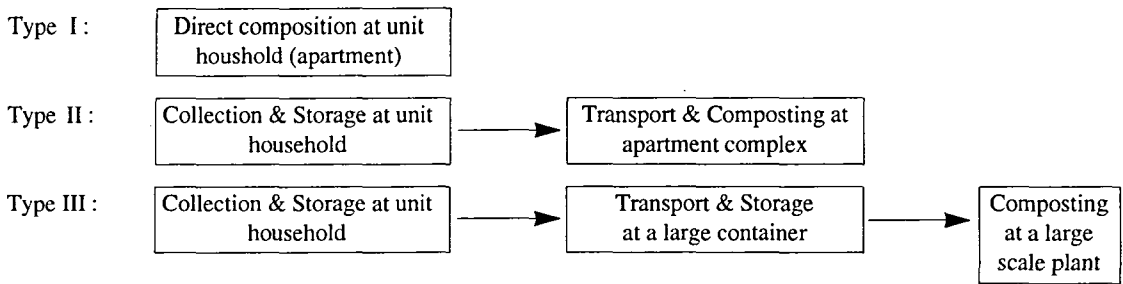


Fig. 5. Schematic diagram for food waste management from unit household to composting facilities.

리하는 공동수거 시스템이 수립될 경우 I형의 아파트 가정에서의 직접 퇴비화 하는 시스템은 경제성 면에서 실효를 거둘수 없으리라 예상한다.

II형 관리 체계

본 조사연구 결과에 의하면 아파트 한 통로 (약 30세대가 거주)에서 1일 발생하는 음식물쓰레기는 33~39 kg 정도 이므로 규모가 큰 중형 음식물쓰레기 자동 소멸화 장치를 각 아파트棟 단위로 3~5개 설치 한다면 최종 퇴비화 처리시설을 거치지 않고 음식물쓰레기의 처리가 가능한 관리체계가 수립될 수 있으리라 사료된다.

이 경우 각 가정에서 직접 처리하는 I형 수거 체계의 단점을 모두 해결할 수 있으나 장치를 관리하고 운전하는 별도의 인력을 두어야 할 것이다.

III형 관리체계

이 체계는 아파트 각 가정에서 발생한 음식물쓰레기를 아파트 단지에 고정되어 있는 큰 규모의 수집 통에 수집 한후 대단위 최종 퇴비화 시설로 운반하여 처리하는 시스템으로써 가정과 아파트 단지에서는 수거 및 보관의 기능을 수행하게 된다. 아파트에서 최종 퇴비화 처리시설까지 운반하는 단점이 있으나 대단위를 처리하고 관리 하는데 따른 장점을 배제 할 수 없다.

3.7 적정 보관 및 수거용기 고찰

적정 용기를 개발하여 음식물쓰레기를 효율적으로 보관 및 수거하기 위해서는 발생원으로부터 퇴비화 처리시설까지 음식물쓰레기의 관리체계가 먼저 고찰되어야 하며 이를 토대로 배출, 보관, 수거, 운반, 최종처리 및 처분 현황을 토대로 각 관리단계를 극대화 할 수 있는 적정용기가 제시되어야 한다.

아파트 각 가정에서 발생하는 음식물쓰레기의 효율적인 수거체계가 어떤형태(I형, II형, III형)이든지 간에 각 가정에서 발생하는 음식물쓰레기를 즉시 모아 일정시간 보관할 수 있는 별도의 용기를 배포하는 방안이 검토되어야 한다. 종이봉투는 음식물 찌꺼기가 수분이 많기 때문에 오래 보관할 경우 수분이 흡수되어 종이 봉투가 쉽게 파손 되는 단점을 들 수 있다.

본 조사연구에서 주부들이 가장 편하게 활용하고 있는 봉투는 썩크대 위에 반영구적 Plastic Holder에 비닐봉지를 부착시켜 음식물쓰레기 수거/보관을 손쉽게 할 수 있는 비닐봉지이다. 이 간이식 수거 비닐봉지에 발생한 음식물 찌꺼기가 차면 작은 소형 Plastic제의 보관 및 발효통에 이전 시킨 후 2~3일 간격으로 보관/발효용기내의 음식물쓰레기를 아파트 주차장에 설치된 중간 수집통이나 아파트 공동 퇴비화 장치에 운반하는 수거 시스템이 현재로써는 가장 적절한 대안이라 여겨진다. 각 가정의 음식물쓰레기

발생량에 따라 배출빈도에 차이가 있겠지만 냄새와 침출수 등을 고려할 때 3~4일 간격의 음식물쓰레기 배출빈도가 적당하리라 여겨지며 재질은 비교적 반영구적으로 사용이 가능한 Plastic 제품이 좋고 Gasket Sealing으로 냄새 발생을 최대한으로 억제해야 한다.

또 각 단계에서 필수적으로 고찰 해야할 요소는 무엇보다도 수분 및 Leachate의 적정관리이다. 조사대상 아파트에서 음식물쓰레기의 수분은 평균 83%이고 유성구의 업소별 발생 음식물쓰레기의 수분함량도 80~87%의 수준이다. 이는 조사대상 아파트에서 발생되고 있는 음식물쓰레기를 직접 퇴비화 하기에는 수분함량이 너무 높다는 것이다. 따라서 수분조절재의 사용이 불가피하다고 사료된다. 참고로 매립장에 유입되는 음식물쓰레기의 수분은 주거지역의 경우 77% 수준으로 단위가정 음식물쓰레기의 수분함량보다 5~6%가 낮다. 이는 수거하는 과정에서 타 쓰레기와 가령 종이류와 혼합될 때 종이류, 섬유류 등이 음식물쓰레기의 수분을 빨아들이기 때문에 기인된 것이지만 매립장에 유입되는 음식물쓰레기를 직접 퇴비화 시키기에는 아직도 수분의 함량이 높음을 알 수 있다.

따라서 음식물쓰레기로부터 침출수를 분리할 수 있는 용기의 고찰이 요구된다. 두번째로 적정보관 및 수거용기 고찰시 고려해야 할 사항은 악취 발생문제이다. 본 조사에 참여하고 있는 주부들 대부분의 의견은 발효통을 개폐할 때는 물론 평소에도 냄새가 많이나 온통 거실과 방까지 냄새가 들어온다는 것이다. 이 악취문제를 해결하지 않는 한 가정에서 보관·수거하는 시스템에는 큰 어려움이 따르리라 예상된다. 그 외 향후 연구에서 고려해야 할 사항은 쓰레기 투입의 편리성과 용기의 적절한 규격 및 용량, 경제성(1회사용 - 반복사용), 내구성 및 안정성, 그리고 운반차량의 상차 가능성이 고려되어

야 하며 아울러 위생 및 미관상 측면과 퇴비화와의 연관성이 함께 고려되어야 할 것이다.

4. 결 론

일반폐기물 중 음식물쓰레기의 점유율이 증대됨에 따라 음식물쓰레기의 효율적인 처리/처분이 향후 쓰레기 관리행정의 성공여부를 좌우하는 현시점에서 대도시부터 중·소규모 도시에 이르기까지 각도시별 발생하고 있는 음식물쓰레기의 양과 조성 그리고 단위가정 및 대량 배출업소에서의 배출현황을 조사하여 이를 통한 수거체계를 확립하고자 실시한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 대전광역시 주택가의 음식물쓰레기 조성은 전체 쓰레기의 45%를 차지하고 있고 아파트 지역은 50%, 상가 지역은 52%로써 음식물쓰레기는 평균 49%의 조성을 나타내고 있다.
2. 충청남도 5개 표본도시의 연 평균 음식물쓰레기 조성은 평균 52%로써 주택가, 아파트, 상가지역간 차이는 거의 없다.
3. 조사지역내에서 일반폐기물의 절반(50%) 이상을 음식물쓰레기가 차지하고 종이류는 음식물쓰레기의 절반(25%)을 차지하는 경향을 나타내고 있기 때문에 이 종이류를 수분 조절재로 사용할 경우 매립장에 유입 되는 일반폐기물의 75% 이상이 퇴비화로 처리가 가능하다.
4. 음식물쓰레기 발생 원단위는 단위가정조사의 경우 1인 1일 200~250g이며 매립장 조사에서 조성비를 기준으로 할 때는 대전 광역시는 1인 1일 약 400g이며 충청남도는 1일 1인이 380g을 배출하는 것으로 조사되었다. 이는 단위가정의 구성원이 가정에서 보다 가정이외의 곳에서 더

많은 음식물쓰레기를 배출하고 있기 때문이다.

5. 음식물쓰레기 감량화 의무대상업소별 발생량은 다음과 같다. 연구소와 관공서의 음식물 쓰레기 원단위는 평균 166~215 g/인·일이며 대중음식점은 수준에 따라 고급인 경우 670 g/인·일, 중급은 190 g/인·일 그리고 대중음식점은 평균 60 g/인·일을 배출 하고 있다. 1급 호텔의 경우는 400 g/인·일 그리고 집단급식소 중 대학교의 경우 170 g/인·일로 조사되었다.
6. 가정용 퇴비화 용기내에서 자연감량율은 1일 3~4%의 수준을 나타내고 있다.
7. 퇴비화 촉진을 위한 단위가정의 음식물쓰레기 관리체계는 각 가정에서 자동소멸장치를 활용하는 방안과 각 가정에서 음식물쓰레기를 2~3일 모아 아파트의 공동 퇴

비화장치에서 퇴비화시키는 방안 그리고 각 가정에서 모은 음식물쓰레기를 야외 중간 수집통에 1차 수집하고 최종퇴비화 공장에서 일률적으로 수거하여 퇴비화하는 3개 방안을 고려할 수 있으며 각 방안의 경제성 및 장·단점에 관한 구체적인 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

- 서울시정개발연구원 (1994), "음식물쓰레기 퇴비화 시설 타당성 연구".
- 충남대학교 환경문제연구소 (1994), "도시폐기물 현장 조사 및 성분분석".
- 한국자원재생공사 (1993), "퇴비화 촉진을 위한 쓰레기 수거체계의 확립".
- 환경처 (1992), "부패성 쓰레기 분리수거 및 적정 처리 방안 조사", 연구보고서.