

퇴비화촉진을 위한 쓰레기 수거체계의 확립

I. 음식물찌꺼기 원단위 발생량의 산정

신항식, 황응주, 강 호*, 이시진**, 장 원***

한국과학기술원 토목공학과

*충남대학교 환경공학과

**경기대학교 환경공학과

***대전대학교 환경공학과

Establishment of Waste Collection and Transportation System for Composting

I. Estimation of Unit Garbage Generation

H.S. Shin, E.J. Hwang, H. Kang*, S.J. Lee**, W. Jang**

Department of Civil Engineering, KAIST

*Department of Environmental Engineering, Chungnam University

**Department of Environmental Engineering, Kyounggi University

***Department of Environmental Engineering, Taejon University

ABSTRACT

It is important to separate the compostables from waste for successful operation of composting plant, since various compositions are mixed in it. For the separation of compostables, it is necessary to estimate total amounts of compostables from several sources. Based on it, required capacity and number of composting plant as well as proper waste collection and transportation system can be determined. So, amounts of garbage, major target material for composting, were estimated in this study.

In survey of unit garbage generation(UGG), different estimation results would be obtained depending on the basis of its measurement. However, previous researches did not consider it. In this paper, the correlations between area and the number of user of garbage source were analyzed to find the related equations which were applied to estimation of total generation.

Obtained results are as the following.

Relative variations of measured UGG based on area and customer are 62.5 and 52.8, respectively. In linear regression, related equation between area and customer was $Y=0.244X+59.0$ (X =area, Y =customer). The correlation factor r is 0.904. Equation $Y=616.5X/(X+1215.4)$ was also obtained from linear regression using Monod equation ($r=0.720$). From the first order equation and measured data of UGG based on customer, amounts of garbage generation from restaurant in Seoul and the whole country were calculated to 2043.9 ton/d and 9014.0 ton/d, respectively. But, the values calculated from measured data of UGG based on area were as low as 821.3 ton/d(in Seoul) and 3821.0 ton/d(in the whole country).

Consequently, the measurement of unit garbage generation based on the number of customer was more favorable to lessen the points of survey and to guarantee the representative values. Especially, it would fit well on restaurant having statistics of area.

Key words: Composting, Waste collection, Unit garbage generation

초 록

쓰레기는 여러가지 물질이 혼합되어 나오므로 퇴비화 시설의 성공적 운영을 위해서는 퇴비화에 적합한 쓰레기만을 분리해내는 것이 중요하다. 또한, 이를 위해서는 다양한 발생원에 산재하는 퇴비화 가능 쓰레기의 총량을 산출하는 것이 필요하며, 이를 바탕으로 쓰레기의 적정 수거체계는 물론이고 필요한 퇴비화시설의 규모 및 갯수도 산정이 가능하다.

본 연구에서는 주된 퇴비화 대상인 음식물찌꺼기의 발생량을 추정하였다. 원단위의 실측은 업소의 면적을 기준으로 하는가 또는 이용객의 수를 기준으로 하는가에 따라 상이한 결과를 보일 수 있는데 기존의 연구에서는 이것에 대한 기준이 제시되지 않은 문제가 있었다. 따라서 본 논문에서는 업소의 면적과 이용자수간의 상관관계를 분석하여 관계식을 유도하고, 이를 실제의 발생량 추산에 이용한 결과를 통해 원단위 측정시의 기준을 제시하였다.

그 결과 면적 기준과 이용자수 기준의 실측자료의 상대분산값은 각각 62.5와 52.8로 비슷하지만 이용자수 기준의 실측자료가 상대적으로 다소 변화가 적었다. 업소의 면적과 이용자수간의 상관성에서는 선형회귀분석결과 $Y=0.244X+59.0$ 인 관계가 구해졌으며, 이 때의 상관계수는 0.904이었다. 반면 Monod식 형태의 회귀분석에서는 $Y=616.5X/(X+1215.4)$ 인 관계가 구해졌고 이때의 상관계수는 0.720으로 구해졌다. 선형회귀분석결과에서 얻어진 관계식을 이용하여 서울과 전국의 음식물찌꺼기 발생량을 산출한 결과는 2043.9톤/일, 9014.0톤/일과 같았고, 면적기준의 실측 원단위자료를 모든 면적의 업소에 대해 동일하게 적용했을 때는 821.3톤/일과 3821.0톤/일로 상대적으로 적은 수치를 보였다. 또한 1994년의 퇴비화 의무대상업소의 발생량은 집단급식소 9.3톤/일, 식품접객업소 3.3톤/일로 산출되었다.

결론적으로 음식물찌꺼기의 발생량을 산출하기 위한 원단위 발생량의 실사는 실측지점을 줄이면서 실측지의 대표성을 확보할 수 있는 이용객 기준의 측정방법이 바람직하며, 이는 특히 업소의 면적이

통계자료로 되어 있는 식품접객업소에서 유효하리라 판단되었다.

핵심용어 : 음식물찌꺼기, 퇴비화, 수거체계, 원단위 발생량, 식품접객업소, 퇴비화의무대상업소

1. 서 론

쓰레기중 유기성 폐기물을 퇴비화하여 재활용 하려는 노력들이 진행중이다. 한편, 쓰레기는 여러가지 물질이 혼합되어 나오므로 퇴비화에 적합한 쓰레기만 분리해내는 것이 퇴비제품의 질과 퇴비화시설의 성공적 운영에 중요하다. 또한 쓰레기는 다양한 배출원에서 나오므로 배출원별 쓰레기의 조성에 따라서도 각각 특색있는 수거방안을 고려해야 한다. 아울러 이러한 쓰레기의 수거방안은 비용과 환경을 동시에 최적화 할 수 있는 것이어야 한다.

무엇보다도 발생원에서의 분리배출과 분리수거가 진행되어야 한다. 우리나라에서는 일부 종이박스, 캔, 빈병, PVC용기를 분리배출하도록 하여 재활용을 꾀하는데 퇴비화의 대상이 되는 음식물찌꺼기, 폐휴지 등은 별도의 분리대안을 세우지 못하여 분리배출된다고 하더라도 수거 및 운송의 과정에서 타쓰레기와 혼합되어 매립장으로 직행하게 된다. 따라서, 쓰레기 종량제의 실시와 더불어서 가정에서는 별도의 분리수거 대책이 세워질 필요가 있다. 기타 음식물찌꺼기, 채소류 등이 다량 배출되는 식품접객업소, 집단급식소, 대형유통시장에 대해서는 이들만의 별도 수거대안을 설정하여 가정의 쓰레기와는 별도로 용기배급을 통한 수거를 피해야 한다.

상기의 수거대안을 설정하기 위해서는 가정을 비롯한 각 배출원에서의 퇴비화 가능쓰레기(음식물 쓰레기, 채소류, -폐휴지는 제외) 발생량

을 우선 추산해야 한다. 그리고 각 배출원에서의 배출 형태 및 현장의 쓰레기수거형태 등을 조사하여 문제점을 구체적으로 파악하고 적절한 수거대안을 배출원별로 수립해야 한다. 그리고, 마지막으로 여러 대안을 비용 및 환경상황에 맞도록 최적화하여 최선의 대안을 도출토록 해야 한다. 이와는 별도로 각 배출원의 특성에 맞는 수거용기(비닐, 종이 봉투, 중소형용기)의 개발도 병행해야 한다.

본 연구에서는 1차로 서울, 수원경기, 대전충남 지역에 대한 각 배출원별 발생원단위 조사를 계절별로 실시하였으며 식품접객업소 원단위 발생량을 보다 정확히 산정하는 방안에 대하여 연구하였다.

2. 연구방법

2. 1 배출원의 선정

본 연구의 조사지점이 되는 배출원은 기존 문헌의 보고된 결과^{1),2)}를 이용하여 다량의 퇴비화 가능 쓰레기가 배출되면서도 비교적 수거가 용이하고 타 물질이 혼합되지 않는 집단급식소(공장, 관공서, 교육기관, 교도소), 식품접객업소(100m² 이상), 그리고 대형유통시장(농산물, 수산물, 축산물)으로 선정하였다. 조사지점의 총수는 20개소이다(Table 1).

2. 2 현장실사 방법

원단위의 조사는 서울, 수원경기, 대전충남 지역으로 분할하여 각 지역별 대상배출원을 선정하고 겨울(2월), 봄(3,4,5월), 여름(6,7,8

월) 3차례 실시하였다. 가을의 조사는 봄의 경향과 유사할 것이라는 가정하에 연구기간을 고려하여 일부 생략하였으며 일부 조사된 가을철의 자료는 본고에서 생략하였다. 원단위 발생량 및 배출원 제원, 그리고 수거 운반 현황에 대한 조사는 직접 현지를 방문하여 설문조사를 통해 연구의 취지를 안내한 후 해당일 발생하는 음식물찌꺼기 전량을 무게 측정하였으며 시료채취도 동시에 수행하였다.

채취한 시료는 음식물찌꺼기의 특성상 부패되기 쉽고 이로 인해 질적 특성이 변하므로 가능한 채취한 후 빠른 시간내에 건조시켰으며, 건조된 시료는 전기 믹서(mixer)를 이용하여 분쇄한 후 각 항목별 분석실험에 이용하였다. 함수율은 균일하게 혼합된 시료 중 일정량을 취하여 105°C에서 1일간 항온건조시킨 후 건조전후

의 무게차를 계량하므로써 측정하였다. 원소분석은 탄소(C), 수소(H), 질소(N), 황(S)의 네가지 성분에 대하여 조사하였으며, 분석은 기초과학연구지원센터의 Elemental Analyzer (연소온도 1000°C, carrier flow=100ml/min.)에 의한 기기분석으로 수행하였다. 삼성분(수분함량, 가연분, 회분)과 원소분석의 결과는 한국자원재생공사의 "퇴비화촉진을 위한 수거체계의 확립" 보고서³⁾에서 다루었다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 대표발생량 원단위

조사지점의 음식물찌꺼기 발생량 원단위를 겨울, 봄, 여름으로 3회 측정 한 결과는 다음 Table 2와 같다. 아울러 각 배출원에서의 대표

Table 1. Garbage source surveyed.

Garbage sources		No. of points	Size	City
Cafeteria (kg/cap./d)	Large factory	1	41,000*	Suwon
	Medium size factory	1	2,000*	Suwon
	Public office	3	210*	Anyang
			48*	Taejon
	Educational institution	2	233*	Taejon
			800*	Suwon
Prison	1	6,362*	Taejon	
Restaurant (kg/cap./d)	over 500m ²	1	3,200*	Anyang
	300~500	1	713**	Taejon
	200~300	2	351**	Suwon
			272**	Taejon
	100~200	1	227**	Taejon
Large wholesale market (kg/m ² /d)	Vegetables & fisheries	2	175**	Taejon
			45,216**	Suwon
	Vegetables	2	23,059**	Taejon
			110,699**	Seoul
	Fisheries	2	3,644**	Seoul
39,845**			Seoul	
Livestock	1	19,856**	Seoul	
			4,463**	Seoul

* : Average number of person with per day

** : Area

발생량 원단위는 전체 측정자료의 평균값과 함께 최고, 또는 최저 원단위를 제외한 측정자료의 평균값으로 각각 나타내었다.

므로 타 집단급식소는 물론 업소 이용객 1인이 1회 음식물찌꺼기를 배출하는 식품접객업소보다는 많은 양이 배출된다고 추측할 수 있다.

3. 1. 1 집단급식소

Table 2에 의하면 집단급식소의 평균 발생량 원단위는 0.243kg/인/일로서 이 수치는 타 문헌의 조사결과인 0.19kg/인/일, 0.06kg/인/일 보다는 다소 큰 수치이고 식품접객업소보다는 작은 수치라 할 수 있다. 식품접객업소보다 1인당 음식물찌꺼기 발생량이 적은 것은 집단급식소에서 상대적으로 적은 반찬을 필요한 정량만큼만 배식하는데 따른 것으로 해석된다. 집단급식소중 교도소는 발생량 원단위가 0.5kg/인/일로서 식품접객업소보다 큰 수치를 보이고 있는데 이는 교도소의 경우 일일 1회이상 배식하

3. 1. 2 식품접객업소

식품접객업소의 대표 발생량 원단위는 0.362kg/인/일이다. 타 문헌^{1),2)}에서 조사된 수치는 0.42kg/m²/일, 0.22kg/m²/일로서 원단위 산정방식이 업소면적과 업소이용객수에 각각 기준한 만큼 직접적인 비교는 불가하나 본 연구의 결과를 업소면적기준으로 환산할 때(0.092kg/m²/일) 상대적으로 적은 수치임을 알 수 있다. 식품접객업소는 면적에 따라 원단위의 값이 다소 차이가 있는데 조사대상 중 200m² 이상의 업소의 원단위는 0.3 이상이나 100~200m²인 1곳의 업소에서는 0.061의 적은 실측치가 관찰되었다.

Table 2. Measured unit garbage generation.

Garbage sources		Winter	Spring	Summer	Mean		Mean (): range	
					Sub-mean	RV****		
Cafeteria (kg/cap./d)	Large factory(1 points)	0.402	0.336	0.336	0.358	8.691	0.243* (0.2-0.35)	0.271 (0.2-0.5)
	Medium size factory(1)	0.241	0.181	0.216	0.213	11.571		
	Public office(3)	0.195	0.201	0.258	0.218	13.023		
	Educational institution(2)	0.291	0.213	0.250	0.251	12.675		
	Prison(1)	-	-	-	0.500	-		
Restaurant (kg/cap./d)	over 500m ² (1)	0.293	0.395	0.436	0.375	16.047	0.362** (0.3-0.4)	0.302 (0.1-0.4)
	300-500(1)	0.359	0.305	0.240	0.301	16.145		
	200-300(2)	0.339	0.433	0.387	0.386	9.934		
	100-200(1)	0.061	0.054	0.067	0.061	8.759		
Large wholesale market (kg/m ² /d)	Vegetables & fisheries(2)	3.115	3.561	4.711	3.796	17.714	3.139*** (2.5-3.8)	2.356 (2.5-3.8)
	Vegetables(2)	1.468	2.512	4.298	2.759	47.135		
	Fisheries(2)	0.398	-	-	0.398	-		
	Livestock(1)	2.752	2.427	2.575	2.585	5.140		

* : not including prison
 ** : not including 100~200m²
 *** : not including fisheries market
 **** : Relative variation

따라서 본 연구에서 조사된 대표원단위인 0.362 kg/인/일은 대규모의 업소에 적용이 가능하고 기타의 업소에는 타 문헌의 조사결과를 이용하는 것이 타당하다 판단된다. 업소의 형태별로 원단위를 비교하면 반찬의 종류가 다양한 한정식 식당의 발생량 원단위가 일반 가든에서의 수치보다 큰 것으로 드러났다.

3. 1. 3 대형유통시장

대형유통시장의 경우는 수산물시장을 제외하고 농산물시장과 축산시장에서 다량의 퇴비화가 가능 쓰레기가 배출되는 것으로 나타났다. 발생량 원단위가 가장 적은 수산물시장을 제외한 배출원의 원단위를 평균한 값은 3.139kg/m²/일로서 타 연구결과^{1),2)}와 유사하거나(3.21) 다소 큰 (2.04) 수치를 보였다. 구체적인 시장별로는 가락동 농산(3.590), 마장동 축산(2.599), 용두동 청과(2.464), 노량진 수산(0.604), 가락동 수산(0.183)의 순으로 원단위가 측정되었으며, 특히 가락동 농산물시장에서 배출되는 채소쓰레기는 일일 평균 397톤⁴⁾으로 1992년 환경처의 조사¹⁾중 가정의 음식물찌꺼기 발생량 6,727톤/일에 비교할 때 5.9%에 해당하는 막대한 양임을 알 수 있다. 단순한 계산에 의하면 가락동 농산물시장에서 발생하는 채소쓰레기를 전부 퇴비화 처리하려면 대규모로 분류할 수 있는 100톤/일 용량의 퇴비화시설이 3개가 필요하다고도 할 수 있는 것이다.

3. 2 지역적, 계절적 변동

본 연구에서는 음식물찌꺼기 발생원단위의 지역적, 계절적 변동 정도를 파악하려 3개 지역을 3계절로 구분하여 실시하였으나, 그에 대한 전체적인 변화의 경향을 예측할 수는 없었다. 다만 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3에 나타난 계절적 변화의 추이를 살펴 보면, 봄에서 여름으로 가면

서 발생량 원단위가 일반적으로 증가하는 추세가 두드러짐을 관찰할 수 있다. 이는 보다 활동적인 계절인 여름철에 1인당 음식물의 소비가 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

각 측정자료의 표준편차를 평균으로 나누고

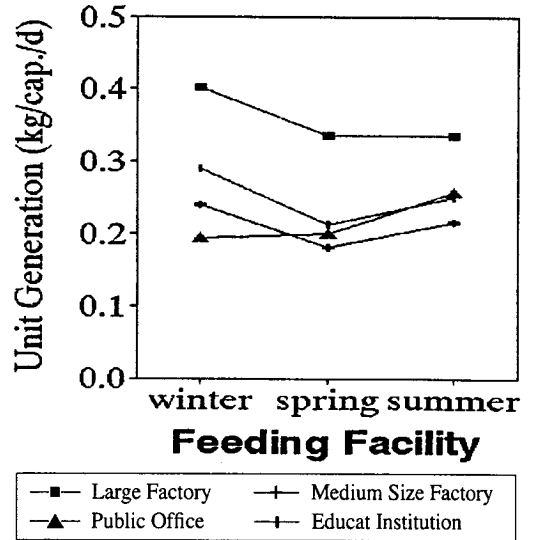


Fig. 1. Seasonal variation of unit garbage generation (cafeteria).

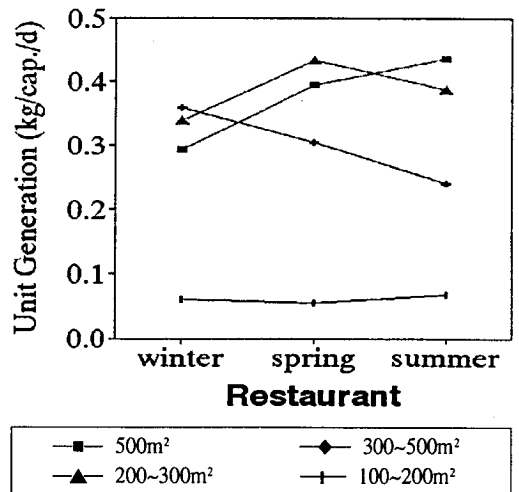


Fig. 2. Seasonal variation of unit garbage generation (restaurant).

100을 곱한 값으로, 계절적 변화의 정도를 나타낸다 할 수 있는 상대분산값(RV)은 농산물시장이 가장 큰 47.135를 보였다. 이는 여름철 채소의 다량 출하와 가격하락에 따른 채소 쓰레기의 증가에 의한 것이라 볼 수 있다.

반면 축산시장에서의 변동 정도는 그다지 크지 않은 RV값(5.14)을 보였다. 식품접객업소 중에는 대규모 업소가, 집단급식소 중에는 관공서 및 교육기관이 원단위의 계절적 변동이 심한 것으로 나타났다.

다음으로 지역적 변동사항은 수원 경기 지역의 조사결과가 대전 충남지역의 조사결과 보다 다소 큰 원단위를 나타내었는데, 지역적 특성의 결과라기 보다는 원단위 측정시의 시간 경과 정도에 따른 수분의 감소가 원인이었던 것으로 추측할 수 있다. 그외 지역적인 특기 사항은 관찰되지 않았다.

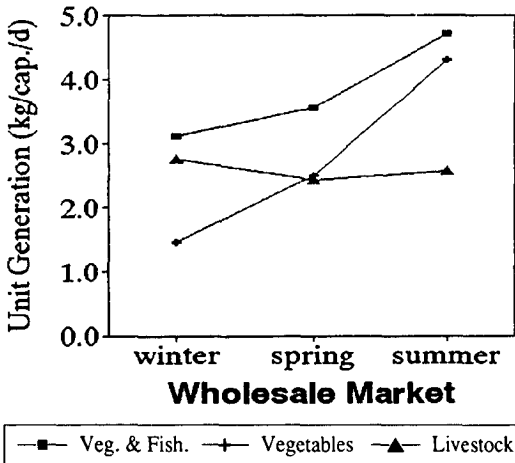


Fig. 3. Seasonal variation of unit garbage generation (large wholesale market).

3. 3 식품접객업소의 원단위 산출방식 평가 (면적 vs. 이용자수)

3. 3. 1 원단위 산출방식의 비교

식품접객업소의 경우 원단위 배출량으로부터 전체발생량을 산출할 때 이용가능한 자료가 배출원의 면적이다. 따라서 원단위 발생량을 측정할 때 배출원면적을 기준으로 해야하는데 대표적인 원단위의 측정에는 이용자수를 기준하는 것이 보다 합리적이라 사료된다. 즉, 쓰레기의 배출량은 면적보다는 식사를 하는 인원수에 보다 많은 상관성을 가지고 있을 것이기 때문이다. 다시 말하면, 유동인구가 많은 여름철에는 같은 업소라도 많은 이용객이 방문하여 음식물찌꺼기의 발생도 증가할 것이므로 봄철 또는 겨울철에 면적을 기준으로 하여 실측된 결과를 여름철의 음식물찌꺼기 발생량 산출에 이용하는 것은 실제와 매우 다른 결과를 보일 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 이를 감안하여 양자의 대표성을 상대분산값(RV)으로 비교하여 보았다.

이는 보다 실제에 근접한 조사자료는 변동의 정도가 적을 것이라는 가정을 바탕으로 하였다. 그 결과 Table 3에서와 같이 면적기준의 원단위가 다소 산만한 수치를 보이는 결과를 얻을 수 있었으며, 따라서 원단위 실사에는 식품접객업소의 이용자 즉, 고객의 수를 기준으로 해야 하는 것으로 사료되는 바이다.

Table 3. Comparison of RV by two estimation basis.

Sources (Restaurant)	Unit garbage generation	
	Based on area (kg/m ² /d)	Based on number of customer (kg/cap./d)
A	0.175	0.301
B	0.129	0.375
C	0.258	0.565
D	0.049	0.207
E	0.040	0.061
Mean	0.130	0.302
RV	62.5	55.8

3. 3. 2 식품접객업소의 면적과 이용자수간 상관성

앞에서 살펴본 바와 같이 실사시에 음식점 이용자수를 기준하게 되면 전체 발생량의 산출시에 면적기준으로의 환산이 필요하게 된다. 따라서 여기서는 이용자수와 면적간의 상관성을 검토하여 환산에 필요한 관계식을 유도하였다. 검토는 다음과 같은 2가지 기본식(선형회귀분석, Monod식에 의한 회귀분석)에 의한 상관성에 대하여 수행하였다. 사용된 8개의 자료는 앞의 식품접객업소 A, B, C, D, E와 서울의 퇴비화회의무 대상업소 3곳의 자료^{3),5)}를 함께 이용하였다.

Linear regression $Y=aX+b$ Eqn. 1

Monod type regression $Y = \frac{aX}{X+b}$
Eqn. 2

그 결과 상관계수값이 선형식에 대해서는 0.904, Monod식에 대해서는 0.720으로 구해졌다(Fig. 4, Fig. 5). 고급의 음식점에서는 이용자의 수가 적어도 상업성이 있고 반면 이용자 1인 당 소요면적을 크게 하여 여유로운 식사가 되도록 하려는 경향이 있게 된다. 또한 영세한 음식점에서는 좁은 면적으로 많은 고객을 유치하는 것이 유리할 것이다. 따라서, 음식점의 면적과 이용자수의 관계식은 1차식이 전구간을 지배하기 보다는 Monod식이 나타내는 바와 같이 업소의 면적 증가할수록 이용객의 수가 증가하는 비율이 감소되는 형식을 따를 것이라 생각할 수 있다. 그러나 본 연구의 결과와 같이 상관계수를 비교할 때 이러한 예측은 맞지 않는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 회귀분석에 사용된 자료가 대부분 면적 200m² 이상의 업소, 즉 60평 이상의 대규모 업소에 대한 것이기 때문에 소규모업소에서 면적-이용자수간 관계를 고려한 Monod식에 따른 회귀분석에는 적절치 못했던

것이라 판단된다.

따라서 소규모 업소를 포함하는 보다 많은 자료의 축적이 이루어지기 전까지는 현재의 1차 선형관계식을 이용하는 것이 보다 타당한 것으로 사료된다.

결론적으로 식품접객업소의 음식물찌꺼기 발생량의 산정을 위해 실측된 업소이용객수 기준의 원단위 발생량을 면적기준으로 환산하는데 필요한 면적-이용자수간 상관관계로는 면적을 X, 이용객수를 Y라 할때 1차식 $Y=0.244X+59.0$ 을 이용할 수 있다 하겠다.

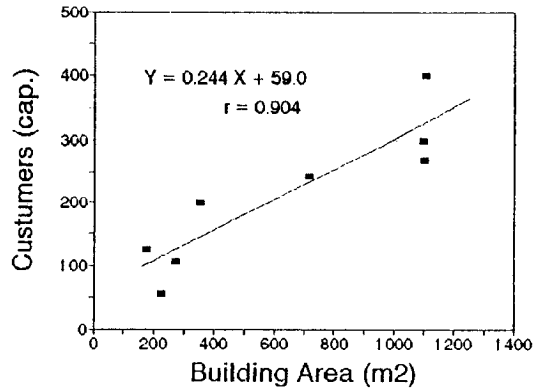


Fig. 4. Correlation between area and number of customer by linear regression.

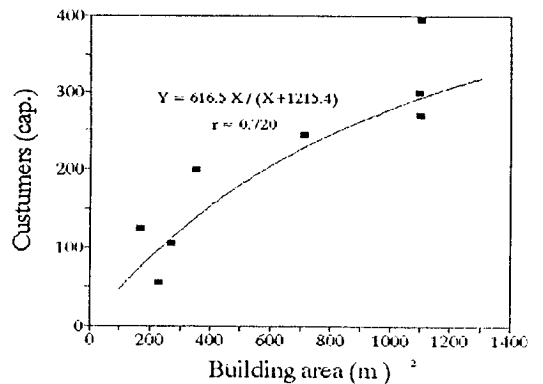


Fig. 5. Correlation between area and number of customer by Monod equation type regression.

3. 4 음식물찌꺼기 발생량의 산출

3. 4. 1 식품접객업소

원단위 발생량 실측의 기준을 면적과 이용객 수중 어느 것으로 하는가에 따라 산출되는 음식물찌꺼기의 발생량이 얼마큼 변화되는가를 살펴 보았다. 앞의 상관성을 이용하여 식품접객업소 면적기준의 원단위 발생량을 구하는데 관계되는 식은 다음과 같다(Eqn. 3, Eqn. 4, Eqn. 5, Eqn. 6).

$$WGA=(UGAM)(X)(N) \dots\dots\dots Eqn. 3$$

$$WGC=(UGA)(X)(N) \dots\dots\dots Eqn. 4$$

$$UGA=(UGCM)(Y)/(X) \\ = (UGCM)(a+b/X) \dots\dots\dots Eqn. 5$$

$$WGC=(UGCM)(aX+b)(N) \dots\dots\dots Eqn. 6$$

- 여기서,
 WGA(Garbage generation based on area)
 : 음식물찌꺼기 발생량, 면적 기준, kg/d
 WGC(Garbage generation based on customer)
 : 음식물찌꺼기 발생량, 이용자수 기준, kg/d
 UGAM(Unit generation based on area by measurement)
 : 원단위 발생량 실측치, 면적 기준, kg/m²/d
 UGA(Converted Unit generation)
 : 원단위 발생량 환산치, 면적 기준, kg/m²/d
 UGCM(Unit generation based on customer by measurement)
 : 원단위 발생량 실측치, 이용자수 기준, kg/m²/d
 X : 면적, m²

- Y : 이용자수, 인
 N : 배출원의 개소수

실측의 기준이 면적일 때는 Eqn. 3에 의해 음식물찌꺼기 발생량을 산출할 수 있다. 반면, 실측의 기준이 이용자수일 때는 Eqn. 4, Eqn. 5로부터 유도된 Eqn. 6에 의해 음식물찌꺼기 발생량을 산출할 수 있다. 산출에 이용된 상수 a, b는 본 연구의 선형회귀분석으로부터 얻어진 수치이다. 또한 여기서 사용된 UGCM은 실사결과로부터 얻어진 이용객수 기준의 발생량 원단위 수치로서 배출원면적이 100m² 이상인 경우는 0.362, 100m² 이하인 경우는 0.302와 같다. 그리고 UGCM은 역시 실사결과로부터 얻어진 면적기준의 발생량 원단위로서 Table 3의 0.130을 이용하였다.

두 식을 이용하여 서울시와 전국의 식품접객업소에서 발생하는 음식물찌꺼기의 양을 계산한 것이 다음의 Table 4이다. Table 4에서 주목할 만한 것은 업소이용객 기준의 원단위 실측결과를 이용한 음식물찌꺼기 발생량(WGC)과 업소면적 기준의 원단위 실측결과를 이용한 발생량(WGA)간에 매우 큰 차이가 있다는 것이다. 또한 두값의 비가 업소의 면적이 증가함에 따라 점차 감소하는 결과도 볼 수 있다. 두값의 비는 업소의 면적이 증가함에 따라 감소하여 면적 510m²인 경우에 1이 된다. 즉, WGC=WGA, 또는 Eqn. 3과 Eqn. 6으로부터 UGAM=UGCM(a+b/X)가 된다.

3. 2절에서 살펴 보았듯이 식품접객업소의 음식물찌꺼기 발생량 원단위 측정은 업소의 이용객을 기준으로 하는 것이 업소의 면적을 기준으로 하는 것보다 대표성을 더욱 갖는다고 할 수 있다. 즉, 업소의 이용객수를 기준으로 실측된 결과는 면적이 다른 업소에 골고루 적용이 가능하나, 면적을 기준으로 실측된 결과는 측정 대

상업소와 다른 면적을 갖는 업소에는 적용에 한계가 있다. 면적이 증가 또는 감소한다고 해서 이용객수의 증가비율이 일정하지 않기 때문이다. 좀더 자세히 언급하면, 선형회귀분석결과인 $Y=0.244X+59.0$ 으로부터 Y/X (단위면적당 이용객수)를 살펴보면 업소면적이 증가함에 따라 이값이 감소하는 것을 알 수 있다. 단위면적당 이용객수가 감소한다는 것은 음식물찌꺼기의 발생이 이용객의 수에 따른다는 사실에 기초할 때 면적기준의 원단위가 감소한다는 것을 의미한다. 따라서, 업소의 면적에 따라서 적용되는 원단위를 변화시켜야 하므로 각 면적범위별로 원단위의 실측치가 있어야 한다는 문제가 있게 된다. 그러나 원단위 측정의 기준을 이용객의 수에 기준하면 이러한 문제를 해결할 수 있다.

Table 4는 이를 나타내고 있는 바, 동일한 원단위(면적기준)를 각 면적에 대해 적용한 결과와 이용객수 기준의 원단위 실측치로부터 환산되어 면적별로 변화하는 원단위를 적용한 결과가 차이가 있음을 볼 수 있다. Table 4에서 전자가 작은 것은 본연구의 실측대상이 대부분

면적 150m² 이상의 대형업소인 반면 서울시 또는 전국의 식품접객업소는 대부분 면적 100m² 이하인 소형업소^{6),7)}이기 때문이다. 결국 실측지점을 줄이면서 실측치의 대표성을 확보할 수 있다는 면에서 식품접객업소의 원단위 발생량은 이용객의 수를 바탕으로 하여 측정하는 것이 바람직하다고 하겠다.

한편, Table 4와 같이 전국 식품접객업소의 음식물찌꺼기 발생량 산정에 같은 방식을 적용한 결과는 1992년 환경처¹⁾의 조사에서 인용된 1990년의 식품접객업소 총업체수 232,528개소, 음식물찌꺼기 발생량 6,913톤/일에 비하여 본 연구의 결과는 총업체수 359,912개소로서 1.5배로 증가하였고, 음식물찌꺼기 발생량 9,014톤/일로서 1.3배로 증가한 것으로 나타났다.

반면 면적기준의 발생량 원단위 실측결과의 이용시에는 발생량이 3,821.0톤/일로서 오히려 1990년 수치의 55%에 불과한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 원단위의 실측과 전체 발생량의 산정에서 자료의 대표성에 유의하는 것이 매우 중요한 사항임을 더욱더 시사하는 사실

Table 4. Distribution of restaurant size and garbage generation.

Region	Area(m ²)		No. of restaurant (places)	Amounts of garbage		
	Range	Representative value		WGC (ton/d)	WGA (ton/d)	WGC/WGA
Seoul	below10	5	1,726	31.3	1.1	28.5
	10~20	15	11,806	223.4	23.0	9.7
	20~30	25	18,719	368.0	60.8	6.1
	30~50	40	20,646	428.7	107.4	4.0
	50~100	75	19,386	452.6	189.0	2.4
	over100	300	11,281	539.9	440.0	1.2
	Subtotal		83,564	2,043.9	821.3	2.5
Whole country	below10	5	7,299	132.7	4.7	28.5
	10~20	15	48,563	919.0	94.7	9.7
	20~30	25	64,934	1,276.6	211.0	6.1
	30~50	40	94,016	1,952.3	488.9	4.0
	50~100	75	90,105	2,103.5	878.5	2.4
	over100	300	54,955	2,629.9	2,143.2	1.2
	Subtotal		359,912	9,014.0	3,821.0	2.4

인 것이다.

3. 4. 2 퇴비화 의무대상업소

여기서는 $WGC=(UGCM)(aX+b)(N)$ 을 이용하여 서울시 퇴비화 의무 대상업소의 음식물 찌꺼기 일일 발생량을 산정하였다. 그 결과 Table 5와 같이 집단급식소는 그 수가 적은데도 식품접객업소보다 많은 발생량을 보이고 있어 퇴비화 원료의 중요한 공급원임을 알 수 있다. 반면, 의무 대상인 식품접객업소는 그 발생량이 Table 4의 전체 발생량 2,043.9톤/일의 0.16% 정도에 불과한 수치를 나타내었다. 이 수치는 1994년 9월까지 의무대상인 업소에 해당하며 1995년 9월까지 그 범위가 확대될 예정이기도 하다. 그러나, 전체 음식물찌꺼기의 퇴비화 처리란 관점에서 제반 여건을 고려하여 장래 그 범위를 확대하거나 퇴비화 의무대상외의 식품접객업소의 음식물찌꺼기에 대한 퇴비화 대책에 좀더 관심을 기울이는 것이 필요하다 사료된다.

Table 5. Estimation of garbage generation at composting obligated stores.

Cafeteria (over 3,000cap., 7places)	Restaurant (over 1,000m ² , 25places)
9.3 ton/d	3.3 ton/d

4. 결 론

- 1) 음식물 찌꺼기 배출원별의 대표 원단위는 집단급식소 0.243kg/인/일(0.2~0.35), 식품접객업소 0.362kg/인/일(0.3~0.4), 시장 3.139kg/m²/일(2.5~3.8)로 산출되었다.
- 2) 음식물 찌꺼기 발생량 원단위는 계절이 봄에서 여름으로 바뀌면서 증가하는 추이를 보였다.
- 3) 식품접객업소의 원단위 발생량은 배출원 면

적 기준시 62.5%와 이용객수 기준시 55.8%의 상대분산값(Relative variance, RV)을 나타내었다.

- 4) 식품접객업소의 음식물찌꺼기 발생량의 산정을 위해 실측된 업소이용자수 기준의 원단위 발생량을 면적기준으로 환산하는데 필요한 면적-이용자수간 관계식은 면적을 X, 이용객수를 Y라 할 때 1차식 $Y=0.244X+59.0$ 을 이용할 수 있으며 상관계수 0.904로 매우 높은 상관성을 보였다.
- 5) 원단위 실측기준을 업소면적으로 하는가 또는 이용객수로 하는가에 따라 서울시와 전국의 음식물찌꺼기 산출결과는 각각 2043.9(서울, 이용객수), 821.3(서울, 면적), 9014.0(전국, 이용객수), 3821.0(전국, 면적)톤/일로서 큰 차이가 있었다.
- 6) 국내의 대다수 음식점이 100m² 미만의 소규모란 특성을 고려할 때는 음식물찌꺼기 발생량 산출을 위한 원단위의 측정은 이용객수에 기준하는 것보다 사실에 근접한 방식임을 알 수 있었다.
- 7) 서울시 퇴비화 의무 대상업소인 면적 1,000m² 이상의 식품접객업소의 음식물 찌꺼기 배출량은 서울시 전체 식품접객업소의 음식물찌꺼기 발생량의 0.16%에 해당하는 양으로 전체 음식물찌꺼기의 퇴비화처리란 관점에서 장래 의무화 범위의 확대와 의무대상외의 업소에 대한 고려가 필요하다 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 환경처, 부패성쓰레기 분리수거 및 적정처리 방안 조사연구보고서, 1992.
- 2) 서울시정개발연구원, 음식물쓰레기 퇴비화시설 타당성 연구, 1994.
- 3) 한국자원재생공사, 퇴비화촉진을 위한 쓰레

- 기 수거체계의 확립, 1993.
- 4) 서울특별시 농수산물 도매시장, 1993.
- 5) 서울시, 서울시청집계자료, 1994, 3.
- 6) 서울시, 서울시통계연보, 1994.
- 7) 통계청, 통계청 통계자료, 1993.