



음식물류 폐기물

처리 방식별 비교(에너지 소모/비용)와

최적의 처리방향 제안



2016년 05월 23일

(주) 가 이 아



[목 차]

1. 음식물류 폐기물 처리 방식 개요

- 음식물쓰레기 발생 현황
- 음식물쓰레기 처리 방식

(1) 현재의 처리 방식(수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)

(2) 건조 감량기의 처리 방식

2. 음식물류 폐기물 처리 방식별 에너지 소모량 비교

(1) 현재의 처리방식 : 2,866kWh/톤(f/w) [=2,464,760kcal/톤(f/w)]

(2) 건조 감량방식 : 850kWh/톤(f/w) [=731,000kcal/톤(f/w)]

3. 음식물류 폐기물 처리 방식별 처리비용 비교

(1) 현재의 처리방식 : 200,000원~240,000원/톤(f/w) ※설비비 및 운영비 포함

(2) 건조 감량방식 : 160,000원~200,000원/톤(f/w) ※설비비 및 운영비 포함

4. 음식물류 폐기물 처리 방식별 장단점 비교

5. 최적의 음식물류 폐기물의 처리방안 제안



1. 음식물류 폐기물 처리 방식 개요

음식쓰레기
어디로 가서
어떻게 되나?



경제적인 **재생자원화**의 진실은?



1. 음식물류 폐기물 처리 방식 개요

1) 음식쓰레기 발생



- 쓰레기 발생량 : 500만톤/년
- 버려지는 음식물 가치 : 20조원/년
- 연간 처리비 : 1조원(톤당 20만원)

① 조리과정

- 8,000톤/일(약 60%)



② 남긴 음식물

- 5,500톤/일(약 40%)



+



13,500톤/일(연간 20조원 낭비)!

2) 처리 방식

(1) 현재의 처리 방식(수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)

① 음식쓰레기 수거방식

일반 음식물쓰레기통



공동주택에 일반 음식물쓰레기통을 놓고 배출하는 방식

종량제 봉투



음식물쓰레기 전용봉투를 구입해 배출하는 방식

납부칩 · 스티커방식



배출자가 납부칩이나 스티커를 구입한 뒤, 수거용기에 부착해 배출하는 방식

RFID 계량방식



RFID 기술을 이용해 배출자별로 쓰레기 무게를 자동 측정, 무게에 따라 수수료를 부과



1. 음식물류 폐기물 처리 방식 개요

② 음식쓰레기 처리방식



1. 음식물류 폐기물 처리 방식 개요

(2) 건조감량기의 처리 방식

① 모식도



음식물쓰레기 건조물을 **“음식쓰레기 건조 연료”** 로 재사용!

2. 음식물류 폐기물의 처리방식별 에너지 소모량 비교

1) 에너지 소모량 계산의 근거

(1) 전기식 건조 감량 방식

- ① 음식물류 폐기물의 처리는 전기식 건조 감량기로 처리할 경우의 에너지 소모량의 K-Mark 등 의무적인 검사 인증을 받아야 하므로, 전기 에너지 소모량이 확실하게 명시 됨.
- ② 즉 $85\text{kWh}/100\text{kg} \rightarrow 850\text{kWh}/\text{톤(f/w)} = 731,000\text{kcal}/\text{톤(f/w)}$ 임.

※ 첨부 1 : K-Mark 인증서

(2) 현재 처리 방식 (수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)

- ① 현재의 음식물 자원화 협회가 중심이 되는 음식물류 폐기물 처리 방식, 즉 수집/운반/파쇄/고형물과 탈리액 분리/퇴비장 또는 하수처리장 이동/비료화 및 폐수처리 방식에서는, 많은 단계의 이송과정이 많고, 관리체계가 의무화되지 않아서 각 단계별 에너지 소비량을 정확히 알 수 있는 통계가 없음.(각 사의 비밀 사항)
- ② 그런데 2006년에 제정된 IPCC(기후변화 당사국 협의회)의 GHG 산출 guide line에 의하면 소모되는 에너지를 CO_2 로 환산하고 있는바, 이는 주로 화석연료를 기준으로 하여 발생하는 것을 기준으로 소모연료에 의해 발생하는 CO_2 를 계산하였음.
그러므로 IPCC G/L에 의해 환경부가 작성한 “음식물류 폐기물 물질흐름 단계별 온실가스 배출량 산정표”(첨부2)에 의한 CO_2 발생량을 소비열량으로 환산하면 각 단계별 에너지 소비량을 추산할 수 있음.
- ③ 또한 한국에너지 공단에서는 IPCC의 G/L에 의해서 연료별 CO_2 발생량을 환산하는 환산표(<http://CO2.kemco.or.kr/toe/toe.aspx>)를 만들었으므로, 이를 근거(환경부 상기 자료의 <그림 5-16>기준)로 에너지 소모량을 산출 할 수 있음.
 - 수집: 온실가스 배출 없음
 - 운반: $88.07\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤.km}$
 - 중간처리시설 : $16.1\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤}$
 - 하수처리장(음식쓰레기 총량의 65%) : $244.7\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤}$
 - 퇴비화 시설(음식쓰레기 총량의 31%) : $42.8\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤}$
 - 소각시설(음식쓰레기 총량의 4%) : $378.1\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤}$

Cf. : 전기식 건조 감량기의 CO_2 발생량: $151.37\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤(f/w)}$



음식물류 폐기물의 처리 방식별 에너지 소요량 비교표

현재의 처리 방식

1. CO₂ 발생량

(1) 분리 배출 단계 : 없음

(2) 수집 운반 단계(경유차량으로 운송) : 88.07kg CO₂/톤.km

① 기준 : 20톤 트럭으로 평균 왕복 100km(1톤당 5km)

그런데 한국음식쓰레기를 수거 후 중간 처리업체까지의 수집 운반거리는 최소 왕복 100km이며 최대 20톤의 음식쓰레기를 적재하는 것을 전제로 하여 계산함.

② 따라서 20톤의 음식쓰레기가 최소 100km(왕복 운송이며 압축/파쇄 후 재처리장의 운송을 생략함)를 운행하므로, 음식쓰레기 1톤당으로는 5km씩 운송되므로 수집 운반 단계 에 서 는 $88.07\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤.km} \times 5\text{km}/\text{톤} = 440.35\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤(f/w)}$ 가 발생됨.

• **440.35kg(CO₂)/톤(f/w)**

※ 이를 IPCC G/L에 의한 환산표에 의해 경유 1 liter당 2.58kg(CO₂)가 발생되므로,

$$\frac{440.35\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{톤(f/w)}}{2.58\text{kg}(\text{CO}_2)/\text{Liter(경유)}} = 171 \text{ liter}/\text{톤(f/w)}$$

의 연료 소모임.

※ 참고로 IPCC G/L에 의해 에너지 공단에서 만든 환산표 <http://CO2.kemco.or.kr/toe/toe.aspx> 참조

(3) 처리단계(모두 전기로 설비를 운전함)

① 중간처리 시설 : 16.1kg CO₂/톤(f/w)

② 하수처리장 : 244.7kg CO₂/톤(f/w) X 65% = 159.06kg CO₂

※ 음식쓰레기의 압축 후 65%가 탈리액으로 하수처리 함

③ 퇴비화 시설 : 42.8kg CO₂/톤(f/w) X 31% = 13.27kg CO₂

※ 음식쓰레기의 압축 후 31%가 고형물(함수율 72%)로 축분/톱밥과 섞어 비료화 함.

④ 소각시설 : 378.1kg(CO₂) X 4% = 15.12kg(CO₂)/톤(f/w)

소계 : 203.55kg CO₂/톤(f/w)

합계 : ① 경유 : 440.35kg(CO₂)/톤(f/w)

② 전기 : 203.55kg(CO₂)/톤(f/w)

합계 : 643.9(CO₂)/톤(f/w)

※ 참고사항 [실질적인 에너지 소비 비교]

전제 ① 한국은 아직 IPCC의 G/L에 의한 CO₂의 발생량을 기준으로 계산하며, 향후 한국형 CO₂배출 발생량을 계산 할 것이라 함.

② IPCC의 G/L(2006년 제정)의 주축이 EU이며, EU의 프랑스에서는 원자력 발전이 전체 발전량의 98%이나, 한국은 전기 생산의 주류가 석탄, 경유, CNG, 원자력, 수력 순이기 때문에 전기 소비에 대한 IPCC의 CO₂발생 G/L은 한국보다 매우 낮으므로, 한국에서는 이를 보정 할 필요가 있음.

계산식 ① 따라서 IPCC G/L에 의한 전기 1 kWh당 CO₂발생지수인 0.47kg(CO₂)/kWh는 상당히 보정되어 약 2배정도 보정되어 약 1kg(CO₂)/kWh로 되어야 할 것으로 사료됨.

② 이 계산에 의하면 다음과 같이 실질적인 에너지 소비로 예상됨.

현재의 처리 방식

① 경유 : 171 liter/톤(f/w) [=1,790 kWh/톤(f/w)에 해당]

+ ② 전기 : 1,076 kWh/톤(f/w)

합계 : 2,866 kWh/톤(f/w)

전기식 건조 감량 방식

1. CO₂ 발생량

(1) 분리 배출 단계 : 151.37kg CO₂/톤(f/w)

(2) 수집 운반 단계 : 없음

합계 : 151.37kg CO₂/톤(f/w)

Cf.: 현재 처리방식에 의해 음식쓰레기 1톤당 발생하는 이산화 탄소의 양 643.9(CO₂)/톤(f/w)는 전기감량식 대비 4.25배임.(즉 전기식은 현재 방식의 23.5% 수준임)

전기식 건조 감량 방식

① 전기: 850 kWh/톤(f/w)

(현재 처리방식대비 30%임)

3. 음식물류 폐기물의 처리 방식별 처리비용 비교

음식물류 폐기물의 처리 방식별 처리비용 비교표

현재의 처리 방식 (수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)	전기식 건조 감량 방식
1. 수집/운반 비용 : 60,000원/톤 2. 중간처리비용 (1) 압축/파쇄/고액분리 : 67,400 원/톤 (인건비, 설비 운영비, 이윤 포함) (2) 고액 분리 후 처리비 ① 고형물(총량의 31%) : 18,600원(60,000 원/톤) ② 탈리액(총량의 65%) : 52,000원(80,000 원/톤) ③ 협잡물(총량의 4%) : 2,000원(50,000원/톤) 소계 : 72,600 원/톤 합계 : 140,000 원/톤 총계 : 200,000 원/톤	1. 전기료(운전비 포함) $800\text{kWh}/\text{톤} \times 100 \text{ 원}/\text{kWh} = 80,000 \text{ 원}/\text{톤}(f/w)$ 2. 건조물 운반비(건조 후 18%로 감량됨, 감량율 82%) $50,000 \text{ 원}/\text{톤} \times 18\% \rightarrow 9,000 \text{ 원}/\text{톤}(f/w)$ 3. 건조된 음식쓰레기의 사료 또는 비료 판매수익(18% 중 1% P는 소각) $60,000 \text{ 원}/\text{톤} \times 17/18\% \rightarrow 10,200 \text{ 원}/\text{톤}(f/w)$ 4. 감량기의 감가상각비 및 이윤 등 : 121,200원/톤(f/w) 합계 : 200,000 원/톤 ※ 전기 대신 LNG(도시가스)를 연료로 사용 시 운전비는 40,000 원/톤으로 됨.(현재 LNG(9,500kcal/Nm ³ ≒ 11kWh)의 가격은 522 원 임(= 47.5 원/kWh에 해당)) ※ RFID 및 전자저울, Internet 기능 등으로 100kWh/톤 정도 추가 됨. ★★ 음식건조물을 연료로 사용허가가 될 경우의 비용 ① 구동부 전기 소비량 : 80kWh/톤[=8,000원/톤(f/w)] ② 건조연료(음식건조물) : 180kg/톤[=18,000원/톤(f/w)] ③ 보조연료(필요시, wood pellet) : 20kg/톤[= 10,000 원/톤(f/w)] ④ 효과 : (i) 전기 절감 : 현재의 90% 이상 절감 (ii) 음식 건조물 매립 시 처리비용 절감 : 140,000 원/톤 (iii) 이론적으로 연간 5,000,000톤의 음식쓰레기를 건조방식으로 처리하고, 건조물을 연료로 허가하였을 경우의 연간 처리비 : • 전기료 : 5,000,000톤/년 $\times$ 80kWh/톤 $\times$ 100 원/kWh = 400 억원/년 • 보조연료 : 500만톤/년 $\times$ 20kg/톤 $\times$ 200 원/kg = 200 억원 합계 : 600 억원/년 현재 1년 예산 1 조원의 6%(연간 9,4000 억원 절감)



4. 음식물류 폐기물의 처리 방식별 장단점 비교

음식물류 폐기물의 처리 방식별 장단점 비교표

항 목	현재의 처리 방식 (수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)	전기식 건조 감량 방식
1. 국민의 편익성	불 편 함 (1) 봉투에 담아온 음식쓰레기를 종량제 통에 음식물을 버리는 봉투는 분리하는 과정에서의 악취, 오물 오염 등. (2) 1주에 2회 정도 수거차량이 와서 수거하므로, 악취와 해충/야생동물 출현.	편 리 함 (1) 봉투째 투입하므로 악취/오물 오염이 없음. (2) 음식쓰레기 발생 현장에서 처리가 완료되어 악취와 해충/야생동물의 출현이 없음.
2. 환경성	비 환경적 요소가 많음 (1) 2013년 해양투기 금지 이후 현재까지도 불법 육상투기가 만연되어 있음. (2) 탈리액의 유기물 농도가 하수의 1,000배이므로 하수처리장의 부하가 많고, 따라서 때로는 고농도 유기물을 하천에 방류하여 2차 오염 가능. (3) 우천시 불법으로 하천 방류 (4) 폐기물관리법상 음식쓰레기는 80℃ 이상의 온도에서 30분이상 가열하여야 사료로 사용할 수 있으나 대부분 부패된 음식쓰레기로 개, 닭, 오리 등에 식이하고 불법을 자행하고 있으며 야생조류들을 유인하여, (5) 결과적으로 AI 발생의 원인이 됨.	환경친화적임 (1) 음식쓰레기 발생장소에서 완전하게 육상처리 됨.
3. 수집/운반	불 편 함 (1) 운송비/인건비 절감을 위해 통상 20톤 트럭의 음식쓰레기 용량이 되는 시점(1주에 2회정도)에 수집하므로 국민들의 악취/야생동물 출현 등의 불편이 많음. (2) 공동주택은 물론 주택의 경우도 악취차량이 골목 구석을 다녀야 하므로 악취/발생은 물론 고통유발	문제가 전혀 없음 (1) 음식쓰레기 발생 현장으로 주민 스스로 운반하므로 수집/운반 자체가 없음. (2) 다만 건조물은 무취이며 봉인된 보관함에 다 차면 즉시 차량으로 운반하므로 문제가 없음.



4. 음식물류 폐기물의 처리 방식별 장단점 비교

음식물류 폐기물의 처리 방식별 장단점 비교표

항 목	현재의 처리 방식 (수집→운반→중간처리장→하폐수처리장/퇴비장)	전기식 건조 감량 방식
4. 비 용	보 통 (1) 육상처리비가 계속 상승되어 국가 전체적으로 연간 500만톤의 처리비용이 현재는 약 1조 2천억으로 추산되어 1톤당 240,000원을 육박함. (2) 따라서 종전에는 지자체가 부담하던 처리비(처리비의 평균 60% 수준)를 국민에게 부담시켜, 많은 지자체가 종전(60원/kg)보다 약 3배(200원/kg) 증가 추세임	보통 또는 매우 낮음 (1) 현재는 건조감량기기의 보급수량이 적어서 기계 생산 단가가 높아 처리비용(전기료)과 기기류의 5년간의 감가상각비를 계산 할 때 현재 처리방식과 같은 수준임. 지자체에 따라 낮기도 하고 높기도 함. (2) 그러나 폐기물관리법과 자원의 재활용에 관한 법규에 규정한 음식건조물에 대한 잘못된 규정(과학적, 논리적 근거가 전혀 없음) ①건조물도 폐기물임 ②건조물을 연료로 사용 못함.을 개정할 경우 현재의 처리비보다 매우 낮아지고 (3) 음식건조물을 비용(140,000원/톤)을 들여서 버리고, 매립장에서 다시 CO₂/CH₄라는 GHG를 발생시키는 우둔한 정책을 바꾸면 막대한 에너지의 절감과 연간 처리비(이론적으로 연간 500만톤의 음식쓰레기 처리비 약 1조원을 600억원으로 낮춰 연간 9,500억원)을 절감 할 수 있음
	모든 처리용량이 가능 (1) 일괄 수거방식이므로 모든 용량의 음식쓰레기를 같은 비용으로 처리할 수 있음. (2) 그러나 중소도시의 개인주택은 육상 1주일에 1회 수거하는 불편이 있음.	세분화한 기기로 처리 가능 (1) 감량화 사업장/공동주택은 산업용 건조감량기로, (2) 일반 가정은 가정용 건조 감량기로, (3) 소형 식당은 비용이 좀 들더라도 소형 산업용 감량기기로 가능. (4) 적은 용량의 감량기기라도 필요한 성능은 전부 있어야 하므로, 적은 용량일수록 음식쓰레기 단위당 가격은 상승됨. (5) 따라서 부분적으로는 현재 방식이 필요함. 다만 이경우, 수집 운반차량이 현재로 1주에 1회 정도 오는 곳은 2주에 1회 정도 수거하게 되어 또 다른 주민 불편이 예상됨.

5.
처리용량



5. 최적의 음식물류 폐기물의 처리방안 제안

1) 건조 감량기의 확대

- (1) 처리비용상으로도 현재의 처리방식과 같은 수준으로 경제성이 있고
- (2) 악취 등 환경성이 현재 처리방식보다 훨씬 우수하며,
- (3) 음식쓰레기를 버리는 국민들의 편익성(악취/오물)이 훨씬 높고,
- (4) 환경성에서도 현재 처리방식보다 훨씬 우수하므로 건조 감량기의 설치를 국가에서 적극 권장하는 것이 국민에게 유익할 것임.
- (5) 확대할 대상은,
 - ① 고층 APT(전국의 약 50,000개동)
 - ② 감량화 사업장(전국 약 58,000개소)

2) 음식건조물에 대한 비과학적이고, 비논리적인 다음 규제를 즉시 철폐하고 자원화를 위해 다음과 같이 제안함 (첨부 3 : 법령 수정 제안)

- (1) 음식건조물(함수율 15%이하)은 사료/비료/연료의 원료이므로 폐기물이 아닌 것으로 개정
- (2) 음식건조물을 연료로 사용할 수 있도록 현재의 “불가”사항을 삭제
※ 지난 수년간 “앞으로 장기적인 과제”로 검토하겠다고만 하고 일체의 진전이 없고, 환경부가 주제한 공청회 등은 이 문제에 대한 전문적 논의한 적은 없고, 비전문가인 시민단체 또는 전공이 아닌 교수들의 허황된 토론만 있어 왔음.
- (3) 나아가 건조 감량기를 사료/비료/연료 생산기기로 인정하는 규정의 재개

3) 제안의 부대효과

- (1) 환경성 개선
- (2) 국민의 편익성 개선
- (3) 비용(국가 예산) 절감
- (4) 신산업에 의한 고용 대폭 증가

