

음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익 분석을 통한 효율성 평가 -제주 지역 사례를 중심으로-

The Efficiency Assessment through the B/C Analysis According to the Food Waste Disposal Method -Case Study of Jeju Region-

부 기 철 (제주특별자치도 생활환경과 - 주저자)

강 영 훈 (제주대학교 행정학과 교수 - 교신저자)

Abstract

Gi-Cheol Boo / Young-Hoon Kang

The Main purpose of the study is to compare the efficiency of the public disposal facility and self-disposal facility of the food waste composter. Moreover, this study investigates the main problem of public facility and try to contribute an actual public administrative work in the municipal public work. For the empirical analysis of the study, we use the real operational data of the 2 food waste disposal facilities. For the self-disposal food waste composter facilities, we use the data from the facility built in the social welfare institute and that of the one in household. For on going metropolitan food waste disposal facility operated by Jeju Province, we use the data from the MOE.

The core policy implications, as the result of the empirical analysis, are obtained as follows. First, the present self-disposal composter distribution project of Jeju Province should be focussed into the places of businesses which generate a lot of food waste. Next, to save the budget of the public food waste disposal project, the cost of collection and transportation should be reduced substantially. Finally, the user fee for the collection and transportation the food waste should be raised to 228won/kg from on going 30won/kg.

Keywords: B/C(Benefit and Cost), Food Waste, Disposal Facility, Collection

I. 서론

가정에서 발생하는 폐기물은 크게 가연성, 불연성, 재활용, 음식물 쓰레기와 대형폐기물(폐가구 및 폐가전제품 등)로 분류 할 수 있다. 이들 중 음식물류 폐기물은 가정, 음식점, 대형호텔,

2 「한국지방행정학보」 제15권 제2호

사회복지시설, 병원, 학교, 관공서 등 발생하는 곳도 다양한 만큼 종류 또한 다양하다. 음식물류 폐기물의 특성상 배출과 동시에 처리가 되지 않을 경우 부패로 인한 심한 악취와 해충 등 주변 환경오염과 주민들의 생활에 막대한 지장을 초래하게 된다.

제주 지역의 특성상 관광객들에게 혐오감을 주지 않기 위해 음식물류 폐기물 등 생활폐기물을 연중 수집·운반하고 있고, 음식물류 폐기물은 공공 처리시설에 반입하여 퇴비로 생산하고 있다. 제주 지역 음식물류 폐기물 공공 처리시설 처리능력은 총 156톤(제주시 110톤, 서귀포시 46톤)이나, 반입량은 2016년도 기준 227.2톤/일로 처리시설의 용량을 초과하고 있다.

공공 처리시설에서 음식물류 폐기물을 처리하기 위해서는 수집운반 비용과 처리시설 건설비, 운영비가 소요되나, 발생원에서의 처리는 운반비용이 부가되지 않고, 처리시설의 설치·운영비만이 소요된다.

따라서 음식물류 폐기물을 공공 처리시설에서 처리하는 것과 발생원에서 처리하는데 소요되는 비용을 분석하여 어떤 방식이 효율적인지 비교분석하여 개선방안을 도출하고자 한다. 또한 공공 처리시설에서 처리하는 비용, 자체 처리시설 설치운영 비용과의 관계를 분석하여 도민들이 부담할 수수료 부과금액을 제시하고, 공공 처리시설에서 소요되는 예산의 적정성 여부를 파악하여 예산을 절감할 수 있는 분야를 발굴하여 보다 효율적인 예산운영 방향 및 사회적 행정 비용을 최소화하는 방안을 제시하고자 한다.

본 연구의 목적 달성을 위해 선행 연구 및 문헌 조사를 통한 이론적 고찰을 수행하고, 제주 지역에서 운영 중인 음식물류 폐기물의 수집운반과 처리에 소요되는 투자비용 등 고정비와 인건비 등 운영비를 파악하여 비용을 추정하였다. 그리고 음식물류 폐기물 처리 과정에서 발생하는 퇴비, 전기를 판매한 비용은 편익으로 산정, 비용에서 편익을 차감한 순비용을 비교 분석하여 비용과 편익을 추정하여 분석하였다.

비용을 추정함에 있어 음식물류 폐기물의 수집운반에 따른 대기환경오염, 주변지역의 환경오염 피해 등 간접적인 비용추정과 음식물류 폐기물을 처리하므로 기대되는 쾌적한 환경조성 등 편익을 산정함에 한계가 있어 이는 본 분석에서 제외하였다.

비용과 편익을 분석·비교함에 있어서 내구 연한을 차량 및 수거함은 6년, 시설물은 15년으로 산정하였고, 가동률도 80%로 가급적 동등한 상황에서 비용과 편익을 비교·분석하여 음식물류 폐기물 처리방식별 효율적인 처리방안을 제시하고자 하였다.

본 연구의 분석 범위는 지역적으로 제주 지역을 중심으로 하였으며, 생활폐기물 중에서도 음식물류 폐기물에 한정하여 연구를 진행 하였다. 지역을 한정된 것은 제주 지역은 섬이라는 지리적 특성으로 인해 생활폐기물이 타 지역으로 이동이 없다는 특징과 제주 지역 자체에서 발생하는 모든 생활폐기물을 처리하는 점을 고려하였다.

제주 지역에서는 현재 음식물류 폐기물 처리시설 2개소(제주시, 서귀포시 각 1개소)가 운영 중에 있으나, 처리용량이 부족한 관계로 2021년까지 광역 음식물류 폐기물 처리시설 확충을

계획하고 있다. 이와 병행하여 음식물류 폐기물 다량배출 사업장¹⁾에 자체처리 시설 설치 또는 민간에 위탁을 의무화하였다. 따라서 본 연구에서는 현재 운영 중인 음식물류 폐기물 처리시설과 신규 광역음식물류 폐기물 처리시설, 자체 처리시설(감량기)에 대한 비용과 편익을 비교·분석하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 음식물류 폐기물 관리에 관한 고찰

1) 음식물류 폐기물 관리정책의 변화

음식물류 폐기물 관리정책의 변화를 살펴보면 1995년 쓰레기 종량제(제주특별자치도는 1994년 4월 1일 시행)가 전국으로 확대 실시되었다. 음식물류 폐기물의 직매립이 금지된 2005년부터 전국적으로 분리배출이 이루어지면서 음식물류 폐기물 발생량 또한 증가하였고, 발생원 단위는 0.29kg/일·인으로 나타났다(환경부, 2012).

2008년부터는 정부가 저탄소 녹색성장 정책을 추진함에 따라 자원 절약과 동시에 온실가스를 감축하는 수단으로 ‘폐자원 및 바이오매스(biomass)²⁾ 에너지화 대책을 수립하여 시행하였다. 2009년부터 새로운 개념의 음식물류 폐기물 발생억제 방법으로 배출량에 기반을 둔 종량제를 실시하는 것으로 변경되었다.

2) 전국 음식물류 폐기물 발생 및 처리현황

최근 6년간(2011~2016) 전국 평균 음식물류 폐기물 발생량은 13,439톤/일이며, 평균 발생원 단위는 0.258kg/인·일인 것으로 나타났다. 제주 지역 평균 음식물류 폐기물 발생량은 203톤/일이며, 평균 발생원 단위는 0.330kg/인·일인 것으로 나타났다. 이는 전국 시·도별로 비교한 결과 가장 높은 것으로 조사되었다.

1) 다량배출사업장은 폐기물 관리법 제15조의2 규정에서 정하는 사업장으로 식품위생법에서 정하는 집단급식소(사회복지시설 집단급식소는 제외) 중 1일 평균 총 급식인원이 100명 이상(유아교육법에 따른 유치원은 200명 이상), 식품접객업소 중 사업장 규모가 200제곱미터 이상, 유통산업발전법에 따른 대규모 점포, 농수산물 유통 및 가격안정에 관한 법률에 따른 농수산물도매시장·농수산물공판장 또는 농수산물종합유통센터 관광진흥법에 따른 관광숙박업 등을 말한다.

2) ‘바이오매스’(biomass)란 광합성에 의하여 생성되는 다양한 조류(藻類) 및 식물 자원, 즉 나무, 풀, 농작물의 가지, 잎, 뿌리, 열매 등을 일컫는다. 하지만 근래에는 이보다 광범위한 의미로 모든 산업 활동에서 발생하는 유기성 폐자원, 예를 들면 톱밥, 볏짚 등과 같은 농·임업 부산물, 하수 슬러지(sludge)를 포함하는 각종 유기성 산업 슬러지, 음식 및 농수산 시장에서 발생하는 쓰레기, 축산 분뇨 등을 모두 바이오매스 자원이라고 한다

4 「한국지방행정학보」 제15권 제2호

〈표 1〉 전국 음식물류 폐기물 발생원 단위

(단위: kg/일)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	평균
전국	0.258	0.252	0.242	0.253	0.270	0.270	0.258
제주	0.339	0.341	0.339	0.299	0.316	0.344	0.330

자료: 환경부(2011~2016), 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」.

3) 전국 음식물류 폐기물 처리시설 운영현황

2016년 음식물류 폐기물 처리시설은 총 349개소 중 휴업 혹은 가동중지 중인 18개소를 제외한 331개소가 운영 중에 있다. 사료화(습식)가 가장 많고 퇴비화, 사료화(건식), 기타, 혐기성소화, 하수병합의 순으로 조사되었다. 민간시설이 전체 약 68%, 공공시설이 약 32%로 운영 중인 것으로 확인되었다.

2. 음식물류 폐기물 처리에 있어 비용편익 분석 고찰

1) 비용편익 분석

비용편익 분석은 정책의 시행에 앞서 효율성(경제적 타당성)을 평가하는 방법으로 비용보다는 편익이 클 때 타당성이 높은 것으로 판단하여 정책을 시행한다. 비용편익 분석이라는 용어는 미국 홍수통제법(Flood Control ACT)에서 처음 등장하였으며 후생경제학을 이론적 근거로 한다(오정일, 2012). 비용편익 분석을 정책결정이나 평가의 주관성을 보완하기 위해 단일 화폐 단위로 이익과 비용을 계산하여 의사결정의 합리성을 높여주는 역할을 담당한다(박경래, 2013,재인용; 전상경, 2003).

비용편익 분석은 환경정책의 예산 효율성을 평가하는데 주로 사용되고 있으며 환경정책을 도입함에 앞서 비용편익을 가장 많이 선호하고 있는 실정에 있다.

2) 음식물류 폐기물 처리에 있어 비용과 편익

폐기물 처리 문제는 시장의 실패에 의해 발생하는 외부불경제³⁾ 현상의 하나로 사적 시장의 판단 기준만으로 사회적으로 적정한 수준의 재화나 서비스의 수요와 공급을 결정하기 어렵다.

3) 외부불경제(external diseconomies)는 생산자나 소비자의 경제활동이 시장거래에 의하지 않고 직접적으로 또는 부수적으로 제3자의 경제활동이나 생활에 영향을 미치는 것을 외부경제 효과라고 하는데 그 영향이 이익이면 외부경제, 손해면 외부 불경제라고 한다. 최근에 외부불경제로 대기오염, 소음 등의 공해가 문제 시 되고 있다. 외부경제효과가 있으면 시장기구가 완전히 작용해도 자원의 최적배분이 실현되지 못한다.

비용과 편익을 분석하기 위해서는 우선적으로 비용과 편익의 범위를 선정해야 한다. 그러나 공공정책의 비용 편익분석은 외부적 비용(external cost)과 외부적 편익(external benefit)을 포함하는 사회적 비용과 편익의 관점에서 비용과 편익이 측정되어야 하나 시장가격이 존재하지 않아 비용과 편익을 화폐가치로 환산하기가 어렵다(김홍균, 1999).

음식물류 폐기물 처리는 공공정책의 한 부분으로 사회적 관점에서 비용과 편익 분석이 이뤄져야 하며, 분석에 이용할 비용과 편익의 분석 식은 다음과 같이 정의된다.

$$PV = \frac{\sum_{i=1}^n (PB_i + EB_i)}{(1+r)^i} - \left[PC_0 + \frac{\sum_{i=1}^n (PC_i + EC_i)}{(1+r)^i} \right] \quad \text{-----(1)}$$

PV= 현재가치, PB_i = 사적편익, EB_i = 외부편익
 PC_0 = 사적 고정비, PC_i = 사적 운영비, EC_i = 외부비용
 n= 내구 연한, r= 할인율

실제 정책 선택에 있어 사회적 편익의 포괄적 계산이 불가능함에 따라 순편익의 규모가 클수록 혹은 순비용의 규모가 작을수록 정책의 우선순위가 높아지는 것으로 판단할 수 있다.

음식물류 폐기물 처리방식에 따른 비용과 편익을 분석하기 위해서는 처리방식에 따른 비용과 편익을 구분할 필요가 있으며, <표 2>에 제시하였다.

<표 2> 음식물류 폐기물 처리방식에 의한 비용과 편익

구분		공공 처리시설	자체 처리시설(감량기)
비용	사적비용	-분리배출 수거함 등 관리비용 -수집운반 비용 -처리시설 건설비 및 운영비 -주변지역 주민지원비용	-구입 및 운영비용 -부품구입 및 수리비용
	외부비용	-주변지역 환경오염피해 -폐기물 운반에 의한 대기오염 -분리배출에 의한 불편비용	-부산물 처리 불편비용 -고장에 의한 불편비용
편익	사적편익	-쾌적한 생활환경 조성 -퇴비 전기 또는 사료 판매수입	-분리배출 불편해소 -부산물 퇴비사용
	외부편익	-	-

자료: 김홍균(1999), 자료 재구성

<표 2>에 제시된 바와 같이, 공공 처리시설에서 음식물류 폐기물 처리의 경우 사적비용은 음식물류 폐기물 수집운반 비용과 처리시설 건설비, 운영비, 주변지역 주민지원 비용 등이 있으며, 외부비용으로는 주변지역 환경오염 피해비용, 운반 과정에서의 대기오염 등이 있다. 반면 공공 처리시설의 사적편익은 쾌적한 생활환경 조성과 퇴비 또는 전기 판매로 인한 사적편익이

주종을 이룬다.

비용과 편익을 분석하기 위해서는 <표 2>의 모든 항목을 분석하여야 하나 이들 중에는 현실적으로 측정이 불가능한 항목이 있어 모든 항목을 고려한 비용편익 분석은 사실상 어려운 부분이 있다. 주변 지역의 환경오염 피해, 수집운반 차량의 대기오염 피해 등 산정이 불가능한 부분은 비용과 편익을 산정함에 있어 반영하지 않았다. 비록 이를 반영하지 않아도 음식물류 폐기물의 공공처리와 자체처리의 비용과 편익의 크기를 비교함에 있어 큰 무리가 없을 것으로 사료된다.

3) 할인율

비용편익 분석에 있어 중요한 요소 중 하나가 할인율의 결정이다. 왜냐하면 할인율의 크기에 따라 정책 의사결정이 변경될 수 있기 때문이다. 무엇이 할인율로 사용되는 것이 적절한가에 대한 이론은 시간 선호(rate of time preference)⁴⁾이론과 자본의 한계생산성⁵⁾이론으로 대별된다. 비용편익 분석에 사용되는 할인율은 대표적인 이자율에서 물가 상승률을 뺀 실질 할인율 = $(1+\text{할인율})/(1+\text{물가상승률})-1$ 이 사용된다. 이를 감안하여 본 연구에서는 회사채 3년 만기 실질 이자율을 할인율로 적용하였다. 즉 지난 10년간 소비자물가지수의 평균 증가율이 2.35%이며, 회사채 3년 만기 이자율은 3.4%이다. 따라서 실질이자율 = $[(1+0.034)/(1+0.0235)]-1=0.01025$ 로 계산되며, 약 1.03%이다. 그러나 이는 실질 이자율이 너무 낮아 비용편익 분석에 있어 적정하지 않아 일반적으로 한국개발연구원(KDI)에서 일반적으로 적용하는 사회적 할인율(5.5%)이라는 개념을 이용하여 비용편익을 분석하고자 한다.

4) 기간과 자료

음식물류 폐기물의 공공처리와 자체처리 방식별 비용편익을 분석함에 있어서 분석기간의 적용과 분석에 필요한 적절한 자료를 선택하는 것이 관건이다. 모든 비용과 편익을 동시에 분석할 수 있으면 좋으나, 시설의 내구 연한이 달라 이를 동시에 계산하는 것은 불가능하다.

예를 들어 공공 처리시설의 경우 처리시설의 수명과 음식물류 폐기물 수집운반 차량의 내구 연한이 달라 이를 동시에 고려할 수 없다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 본 연구에서는 시설물의 내구 연한에 따라 비용과 편익을 계산해서 톤당 가치로 환산한 후 합산하는 방식으로 비용편익을 분석한다.

4) 시간선호(time preference)는 현재의 소비를 더 선호한다는 개념으로 시간선호율이 높다는 것은 현재의 소비를 미래의 소비보다 더 선호한다는 뜻이다

5) 자본의 한계생산성(marginal productivity of capital)은 토지와 노동이 일정할 때 자본만을 변수로 할 경우 자본 용역 한 단위의 증가에 따르는 생산력의 증가분

비용편익 분석은 동일한 시점에서 이뤄져야하나 시설물들의 준공 연도가 달라 건설비용이 달라진다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 2016년도를 기준으로 환경부의 폐기물 처리시설 설치비용 표준단가를 적용하였다. 각각의 처리시설에 대한 운영비는 현재 운영 중인 제주시와 서귀포시 처리시설의 운영비를 적용하였고, 2021년 준공을 목표로 추진하고 있는 광역 음식물류 폐기물처리시설 운영비는 전국 평균치를 적용하였다. 자체 처리시설인 감량기는 실제로 업소와 가정에서 운영한 자료를 적용하였다. 그리고 연간 운영비는 매년 같은 비용이 소요되는 것으로 가정하였다.

3. 선행연구 고찰

김홍균(1999)의 음식물쓰레기의 처리방법 중 하나인 재활용(호기성퇴비화, 혐기성퇴비화, 사료화), 매립, 소각을 포함하여 음식물쓰레기의 처리방법별 경제성 분석을 실시하였다. 경제성 분석은 비용편익 분석(cost-benefit analysis)을 적용하였다. 비용편익 분석에 이용된 비용은 처리시설에 대한 건설비용과 운영비 등 사적비용과 환경오염으로 인한 주변지역의 피해비용 등 외부비용으로 구분하여 적용하였으며, 편익은 음식물쓰레기 처리로 인한 쾌적한 생활로부터 기대할 수 있는 사적편익과 외부편익으로 구분하여 적용하였다.

1997년도를 기준으로 음식물류 폐기물 처리방법 중 매립, 소각, 퇴비화, 사료화를 비교 분석 연구 결과는 수집운반 비용을 동일(매립, 소각 제외)하게 하였을 경우 건식사료화가 톤당 처리비가 188,977~200,948원으로 가장 높았으며, 습식 사료화가 처리비용이 톤당 51,738~70,581원으로 낮은 것으로 나타났다. 김홍균(1999)의 연구는 현실적으로 다양한 제약요인이 존재하였으나 최종적으로 음식물쓰레기의 처리방법 중 습식사료화 방법이 가장 경제성이 높다는 결과를 제시하였다.

이정임 외(2006)는 경기도 지역을 대상으로 2005년부터 음식물류 폐기물 직매립 금지 조치가 발효되면서 음식물류 폐기물을 발생원에서 처리할 수 있는 가정용 처리기기에 대한 관심이 고조되고 있는 상황에서 음식물류 폐기물의 효율적인 처리방안에 대한 연구를 수행하였다. 이정임 외(2006)의 연구는 본 연구와 달리 문헌조사와 경기도의 음식물류 폐기물 처리에 대한 운영 실태를 조사하였다.

연구결과에 의하면 음식물류 폐기물의 처리비용 중 음식물류 폐기물을 소각하여 처리할 경우 톤당 비용이 467,001원/톤으로 가장 높은 것으로 나타났으며, 가정용처리기기를 이용하여 처리할 경우 톤당 비용이 209,320원/톤으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 가정용처리기기를 이용하여 음식물류 폐기물을 처리할 경우 발생원에서 배출 즉시 처리되기 때문에 수집·운반비용이 소요되지 않아 경제성이 가장 높은 것으로 분석되었다. 다음은 이정임 외(2006)의 연구에서 제시된 음식물류 폐기물 처리방식별 장점 및 단점에 대한 내용이다.

〈표 3〉 음식물류 폐기물 처리방식의 장단점 비교

처리방법	장 점	단 점	총비용 (원/톤)
사료화	-유지보관 및 운송 용이	-처리비용, 시설비 고가 -신선도의 유지 필요 -별도의 폐수처리시설 필요 -생산사료의 수요처 확보 필요	223,892
호기성퇴비화	-부패, 산패와 무관 -시설설치 운영 용이	-염분농도의 관리 필요 -감량률 저조 -별도의 폐수처리시설 -생산퇴비의 수요처 확보 필요	445,606
혐기성퇴비화	- 감량률 우수 -메탄가스로 에너지 회수	-시설비, 처리비 고가 -별도의 폐수처리시설 -가스 정화시설 필요	401,251
가정용 처리기기	-발생원 처리로 수거운반 불필요 - 민원발생 저감	-구입비용 고가로 주민 부담 -폐기물처리시설로서의 규정 미비	209,320
소각	-부패, 산패와 무관 -폐기물의 에너지화 -소각시설의 고 발열량, 저가동률 해결	-시설비 고가 -대기오염 등 2차 오염 유발	467,001

자료: 이정임 외(2006), 「음식물류폐기물의 효율적인 처리방안」.

2006년도 경기도 지역의 음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익을 분석한 결과에 의하면 가정용 처리기, 자원화시설(퇴비화, 바이오가스 등), 소각시설 순으로 효율성이 높은 것으로 분석되었다(이정임 외, 2006).

환경부(2012)는 음식물류 폐기물의 물질 흐름 단계별 환경성 및 경제성을 분석하였다. 음식물류 폐기물의 물질흐름 단계를 분리배출 단계, 수집·운반 단계, 처리 단계, 이용 단계로 구분하였으며, 경제성 평가를 위해 비용편익 분석을 활용하였으며, 음식물류 폐기물의 물질흐름 단계별로 각각의 처리방법들에 대한 비용과 편익을 분석하였다. 비용항목으로 처리시설에 대한 시설투자비와 운영경비 항목을 이용하였으며, 편익항목으로 운영수익을 이용하였다.

시설투자비의 경우는 처리시설에 대한 사회활동 내에서의 거래가격(판매가격)에 내구 연한을 적용한 후 최종 음식물류 폐기물을 1톤 처리하는데 있어 소요되는 비용으로 산정하였으며, 운영경비의 경우 처리시설을 운영함에 있어 소요되는 모든 경비를 음식물류 폐기물 1톤을 기준으로 산정하였다.

다음으로 운영수익의 경우 처리시설을 운영함에 있어 발생하는 생산품에 시장에서의 가치를 적용하여 산정, 즉 음식물류 폐기물의 물질흐름 단계별 경제성 분석을 위한 전제조건은 음식물류 폐기물을 1톤 처리할 때 소요되는 금액(원/톤)으로 산정하였다. 다음은 음식물류 폐기물의 처리방법별 비용과 편익을 분석한 환경부(2012)의 분석결과를 제시한 결과이다.

〈표 4〉 음식물류 폐기물 처리방식에 따른 비용과 편익

처리방법	시설투자비 (원/톤)	운영경비 (원/톤)	운영수익 (원/톤)	총 처리비용 (원/톤)
하수처리시설	160,011	127,000	280	286,731
소각시설	29,225	89,923	-	119,148
퇴비화시설	20,049	68,682	7,660	81,071
건식사료화시설	13,858	63,521	4,822	72,588
혐기소화시설	23,477	73,295	25,920	70,853
습식사료화시설	8,937	44,850	6,970	46,818
매립시설	13,585	47,896	25,920	35,561
중간처리시설	7,488	24,253	-	31,741

자료: 환경부(2012), 「음식물류 폐기물 관리정책 방향 및 개선방안 연구」.

환경부(2012)의 분석결과에 의하면 음식물류 폐기물을 하수처리시설에 의해 처리할 경우 총 비용이 286,731원/톤으로 가장 높은 것으로 나타났으며, 중간처리시설에 의한 경우 총비용이 31,741원/톤으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 이상의 음식물류 폐기물 처리방법의 경제성 분석에 대한 선행연구 결과를 살펴보면 대부분 경제성 분석으로 비용편익 방법을 활용하고 있으며, 처리방식별 비용과 편익을 분석하여 최적의 방법을 제시하였다. 이에 본 연구도 이상의 선행연구 방법에 따라 다양한 음식물류 폐기물의 처리방법 중 비용편익 분석으로 통해 가장 효과적인 방법을 제시하고자 한다.

제주 지역의 경우에는 지역이 한정되어 있어 지역에서 발생된 모든 음식물류 폐기물은 지역에서 처리될 수밖에 없는 실정에 있어 타 지역 보다는 연구 조건이 좋은 상황이다. 또한 실제 음식물류 폐기물의 배출과 수집운반, 처리단계에 있어서의 실제 자료를 사용하여 비용과 편익을 분석함에 있어 보다 현실과 근접할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 제주 지역 음식물류 폐기물 관리현황 분석

1. 제주 지역 음식물류 폐기물 발생 및 처리현황

1) 제주 지역 음식물류 폐기물 발생현황

제주 지역 음식물류 폐기물 발생량은 2013년 음식물류 폐기물 종량제가 실시되면서 급격한 감소를 보이고 있으나, 시행 3년 후인 2016년도에는 원래의 발생량과 같은 수준으로 배출되고 있어, 종량제 효과가 일시적이었음을 알 수 있다.

2016년 제주특별자치도 음식물류폐기물 발생원 단위는 0.34kg/인·일로 종량제가 시행되기

전보다는 감소한 것으로 나타났으나, 종량제 시행 전(0.36kg/인·일)과 별로 차이가 없음을 보여 주고 있다. 전국 음식물류 폐기물 발생원 단위인 0.26kg/인·일 보다 23.5%나 발생량이 높은 것으로 나타났으며, 이는 관광객의 증가, 서비스산업의 발달과도 연계성이 높은 것으로 사료된다.

〈표 5〉 제주 지역 음식물류 폐기물 발생량 및 발생원 단위

구분	발생량(톤/일)			증가율(%)			발생원단위(kg/인·일)		
	계	제주시	서귀포시	계	제주시	서귀포시	계	제주시	서귀포시
2011	207.8	149.0	58.8	5.8	-1.7	24.7	0.36	0.35	0.39
2012	212.5	148.3	64.2	2.2	-0.5	8.4	0.36	0.35	0.41
2013	194.6	148.3	46.3	-9.2	0.0	-38.7	0.32	0.33	0.29
2014	185.9	152.5	33.4	-4.7	2.8	-38.6	0.30	0.33	0.20
2015	198.4	156.0	42.4	6.3	2.2	21.2	0.31	0.33	0.35
2016	227.2	150.4	76.8	12.7	-3.7	44.8	0.34	0.31	0.43

자료: 환경부(2011~2016) 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」.

2) 제주 지역 음식물류 폐기물 처리현황

제주 지역은 2005년 1월부터 음식물류 폐기물의 직매립 금지로 매립처리는 없는 것으로 나타났다. 분리 배출된 음식물류 폐기물은 재활용되고 있으나, 읍·면 지역은 생활폐기물과 혼합 배출되어 소각 처리되고 있는 것으로 조사되었다.

2. 제주 지역 음식물류 폐기물 배출 및 처리방법

1) 음식물류 폐기물 배출 및 수집운반 형태

제주 지역 음식물류 폐기물 배출방법은 제주시와 서귀포시 동지역은 자동계량장치(RFID) 전용 수거함에 배출하고 있으나, 읍면 지역은 음식물류 폐기물 전용봉투(종량제 봉투)를 이용하거나 일반 생활폐기물과 혼합하여 가연성 종량제 봉투로 배출하고 있다.

음식물류 폐기물 배출은 일반 생활폐기물과 달리 요일과 시간에 관계없이 배출할 수 있도록 되어 있어, 전용 수거함 세척 등 관리에 어려움이 있다. 수집된 음식물류 폐기물은 공공 처리시설로 운반되어 퇴비를 생산하며, 퇴비는 농가에 판매 또는 공급되고 있다.

2) 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리 수수료

음식물류 폐기물 수거 및 처리수수료는 제주특별자치도 음식물류 폐기물의 발생억제, 수집운반 및 재활용에 관한 조례에 의해 부과되고 있다. 무게 기준으로 주택, 소형음식점 30원/kg, 전용용기를 보급 받은 소형음식점은 51원/kg, 다량배출 사업장(면적이 200㎡ 이상인 일반음식점 등) 106원/kg이 부과되고 있다. 전용 수거함이 없는 지역에서 수수료 부과 방법인 음식물류 폐기물 전용봉투는 4종류(2리터-50원, 3리터-75원, 5리터-126원, 10리터-252원)가 있다.

〈표 6〉 제주 지역 음식물류 폐기물 수집·운반 및 처리 수수료

구분	종류	수수료(원/kg)		비고
		수집·운반·처리비	직접처리장 반입 수수료	
	주택, 소형음식점	30	23	
	전용용기 보급 받은 소형음식점	51	23	
	다량배출사업장	106	42	

자료: 제주특별자치도 음식물류 폐기물의 발생억제, 수집·운반 및 재활용에 관한 조례

2016년도 기준 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리수수를 살펴보면 2015년도 2,122백만 원에서 2016년도 2,270백만 원으로 평균 6.5% 증가한 것으로 나타났다. 수수료 세입 현황을 살펴보면 점차 전용봉투에서 자동계량장치에 의한 세입이 증가하고 있다. 일반 가정에서 부담하는 수수료가 6% 감소한 반면 다량배출 사업장의 수수료는 12.9% 증가한 것으로 나타나 대조를 보이고 있으며, 이는 외식산업의 발달과 가정 식생활의 변화를 보여주고 있는 것으로 사료된다.

3) 음식물류 폐기물 수집운반 인력 및 장비현황

제주 지역 음식물류 폐기물 수집운반 및 장비인력 현황을 살펴보면 인력은 62명으로 제주시 50명, 서귀포시 12명이며, 운반차량은 31대로 제주시 24대, 서귀포시 7대이다. 자동계량장치는 총 4,603대로 제주시 3,052대, 서귀포가 1,551대로 향후 읍면 지역까지 확대할 예정이다.

4) 음식물류폐기물 처리시설 현황

제주 지역에는 총 2개소의 음식물류 폐기물 자원화시설이 있으며, 제주시와 서귀포시에 각 1개소가 있는 것으로 조사되었다. 2016년 기준 제주시의 제1, 2공장의 음식물류 폐기물 반입량은 150.4톤으로 시설용량 110톤/일을 초과하고 있으며, 서귀포시 음식물류 폐기물 자원화시설도 마찬가지로 반입량은 76.8톤인데 비해 시설용량은 46톤으로 처리용량을 초과하고 있는 것

으로 조사되었다.

〈표 7〉 제주 지역 음식물류 폐기물 공공처리시설 현황(2016년도)

구분		제주시	서귀포시
운영인력		13명	8명
규모		110톤/일(50톤×1, 60톤×1)	46톤/일(퇴비화 20, 소멸화 26)
처리방식		호기성퇴비화	호기성퇴비화 및 소멸화
사업비		85억 원	47억 원
처리권역		제주시 동지역	서귀포시 동지역, 일부 읍면
처리	처리량	150.4톤/일	76.8톤/일
	가동일	310일/년	320일/년
	가동률(%)	85%	87.7%
퇴비	연생산량	6,364톤	228톤
	연 판매량 (판매가격)	38톤(100천원/톤, 지역주민:50천원/톤)	196톤(125천원/톤)
	연 판매액	3백만 원	24.5백만 원

자료: 제주특별자치도(제주시, 서귀포시) 내부자료

3. 제주 지역 음식물류 폐기물 처리상의 문제점

1) 음식물류 폐기물 배출 및 수집운반의 문제점

제주 지역 음식물류 폐기물 문제점은 배출에 있어 읍면과 동지역이 다르다는 것이다. 동 지역은 음식물류 폐기물과 생활폐기물을 분리배출하고 있으나 읍면 지역은 전용봉투를 사용하거나 가연성 생활폐기물과 혼합배출하고 있다.

읍면 지역은 2006년 7월 1일 4개 시·군 체계에서 제주특별자치도로 행정개편이 되면서 기존 군 지역에는 음식물류 폐기물 처리시설(2005년 음식물류 폐기물 직매립 제외)이 없었다는 점과 기존 시 지역에 위치한 처리시설 지역 주민들의 님비현상⁶⁾으로 읍면 지역 음식물류 폐기물의 반입을 허용하지 않고 있다. 이로 인해 읍면은 음식물류 폐기물 침출수로 악취와 해충들이 들끓는 등 생활환경에 막대한 피해를 주고 있어 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

먼저 살펴 본 것과 같이 음식물류 폐기물의 특성상 쉽게 부패하고 발생과 동시에 수거가 안 될 경우 부패로 인한 악취와 원료로의 가치도 떨어진다. 이를 위해 제주 지역에서는 매일 수집운반을 하나, 배출자가 음식물류 폐기물을 즉시 배출하지 않거나, 수집운반이 지연될 경우 부패로 인한 악취 민원이 발생하고 있다.

⁶⁾ 님비(NIMBY)현상은 '내 뒷마당에서는 안 된다(Not In My Backyard)'는 영어의 약자. 위험시설, 혐오시설 등이 자신들이 살고 있는 지역에 들어서는 것을 강력하게 반대하는 시민들의 행동을 말하는 신조어

2) 음식물류 폐기물 처리의 문제점

제주 지역의 음식물류 폐기물을 처리에 가장 큰 문제점은 처리시설이 매우 부족하다는 점이다. 음식물류 폐기물 처리량은 2016년도 기준 처리시설 반입 양은 제주시 150.4톤/일, 서귀포시 76.8톤/일이나, 처리시설 용량은 8시간 기준 제주시 110톤/일, 서귀포시 46톤/일로 턱없이 부족하여, 10시간 이상 처리시설을 가동하여 처리하고 있으나, 처리시설의 노후화로 정상가동에 어려운 실정에 있다.

제주시는 소멸화⁷⁾(규모 60톤/일)라는 임시 처리방식을 민간위탁으로 처리하고 있고, 서귀포시는 처리시설 보수를 위해 약 70억여 원을 투입하여 정비 중에 있다. 다행스러운 것은 2017년 5월 26일 서귀포시 색달마을 주민들과 340톤/일 규모의 광역 음식물류 폐기물 처리시설을 유치하는 것을 골자로 협약을 체결했다는 것이다. 제주특별자치도에서는 2021년 준공을 목표로 광역 음식물류 폐기물 처리시설 타당성 조사 등 행정절차를 진행 중에 있다.

IV. 제주 지역 음식물류 폐기물 처리 방식별 비용편익 분석

1. 비용편익 분석 설계

비용편익 분석은 사회 자본에 관한 투자기준을 마련하기 위해 고안된 분석용 도구의 하나이다. 민간투자의 경우에는 얻어지는 이익이 판매수익인 화폐액으로 나타나는데 비해 사회자본의 경우에는 이익이 판매 수익을 나타내지 못하므로 한정된 자원을 효과적으로 활용하기 위해서는 이익을 비용과 비교할 수 있도록 화폐단위로 환원해야 한다는 문제가 생긴다. 예컨대 정부 또는 공공단체가 수자원개발을 위해 댐을 건설할 때 몇 가지 계획안을 놓고 각각의 경우의 비용과 이익의 양면을 비교·검토하여 그 중 가장 유리한 계획안을 채택하는 것과 같은 방식이다(경제학사전, 2011).

제주 지역의 음식물류 폐기물 처리방식별 비용과 편익을 산출하기 위해서는 음식물류 폐기물의 수집운반에 소요되는 차량과 수거함 설치에 소요된 비용을 고정비용으로 하고 인건비, 유류비 등을 연간 운영비로 하여 비용을 산출한다. 그리고 음식물류 폐기물 처리시설은 현재 운영 중인 제주시와 서귀포시의 퇴비화 시설과 2021년 준공을 목표로 건설 중인 광역 음식물류 폐기물 처리시설, 자체 처리시설(감량기) 중 업소용과 가정용으로 구분하여 비용과 편익을 산출한다.

본 연구에서 처리시설의 고정비용 산출은 동일한 조건을 부여하기 위해 2016년도 기준으로

⁷⁾ 소멸화란 일정한 퇴비화 설비 내에서 수분을 조절할 수 있는 통기 개량제와 미생물발효제를 넣어 음식물류 폐기물을 매일 일정량 투입하여 부피의 증가 없이 음식물류 폐기물을 분해하는 방식

환경부의 톤당 건설비용과 공시지가를 준용할 것이며, 자체 처리시설(감량기)은 실제 구입비용과 운영 자료를 적용할 것이다. 그리고 처리시설이 운영비는 제주시와 서귀포시의 실제 운영비를 적용하고 광역 처리시설은 환경부에서 조사한 운영비를 적용할 것이다.

음식물류 폐기물 처리에 소요되는 비용으로는 건설비용, 운영비, 수집운반 비용과 같은 사적 비용 이외에도 주변지역 주민의 피해 비용, 수집운반 과정에서 발생하는 대기오염에 의한 환경 피해 비용과 같은 외부비용도 있으며 또한 편익에 있어서는 음식물류 폐기물 처리에 의한 쾌적한 생활환경 조성에서 오는 가치가 있다. 그러나 이는 실제 비용으로 환산하기가 어려운 실정으로 향후 조건부가치측정방법(CVM)⁸⁾ 등을 이용한 가치를 측정할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 음식물류 폐기물 처리시설 각 방식별 비용편익 분석 결과

1) 제주시, 서귀포시 음식물류 폐기물 비용편익

음식물류 폐기물은 가정, 식당 등 발생원에서 배출하면 수집운반(공공기관 또는 민간위탁업체)을 통해 처리시설에 반입된 후 퇴비화 등의 처리과정을 거쳐 안정화되고 있다.

〈표 8〉에 제주시 음식물류 폐기물 수집운반과 처리 비용을 나타내고 있다. 이 표에 따른 차량 구입비, RFID 수거함 설치 등을 포함한 고정비용은 8,058백만 원이며, 수거원 인건비 등을 포함한 연간 운영비용은 3,207백만 원이 소요된 것으로 나타났다. 차량과 수거함의 내구 연한을 6년이라 가정할 때 음식물류 폐기물 처리를 위한 수집운반 비용의 현재가치(PV₁)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$PV_1 = 8,058,000 + \sum_{i=1}^6 \frac{3,207,000}{1.055^i} = 24,078,665 \text{천원} \text{-----}(2)$$

이를 톤당 가치로 환산하기 위해서는 차량을 이용해 운반한 총 수집운반 양으로 나눠 주면 제주시의 톤당 수거비용은 438,623원/톤(24,078,665,000원/54,896톤)으로 나타난다.

서귀포시는 제주시와 조금 다른 부분은 서귀포시 일부 지역을 민간위탁에 의해 수집운반 처리하고 있다는 것이다. 서귀포시의 차량구입비 및 RFID 수거함 설치 등을 포함한 고정비용은 2,490백만 원이며, 수거원 인건비 등을 포함한 연간 운영비용은 1,064백만 원이 소요된 것으로 나타났다.

차량과 수거함의 내구 연한을 6년이라 가정할 때 음식물류 폐기물 처리를 위한 수집운반 비

8) 각 개인이 환경재의 이용과 관련된 의사결정을 하여야 할 가상적인 상황을 설정한 설문조사를 통해 개인이 갖는 환경재의 가치를 평가하는 방법이다. 환경재의 가치를 보다 직접적으로 개인에게 물어볼 수 있으며, 환경재의 사용가치뿐만 아니라 존재가치도 평가할 수 있다.

용의 현재가치(PV₂)는 7,085,244천원으로 나타난다.

$$PV_2 = 2,490,000 + \sum_{i=1}^6 \frac{1,064,000}{1.055^i} = 7,805,244 \text{천원} \text{-----}(3)$$

이를 톤당 가치로 환산하기 위해서는 차량을 이용해 운반한 총 수집운반량(23,616톤)으로 나눠주면 서귀포시의 톤당 수거비용은 330,506원/톤(7,805,244,000원/23,616톤)으로 나타난다.

〈표 8〉 제주도, 서귀포시 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리비용

(단위: 천원)

항목		수집운반비용		항목		처리비	
		제주시	서귀포시			제주시	서귀포시
고정 비용	차량구입비	2,051,000	269,000	고정 비용	부지비용	743,000 (31,481㎡)	45,000 (3,824㎡)
	수거함설치	6,007,000	2,221,000		건설비용	22,000,000 (110톤/일)	9,200,000 (46톤/일)
	소계	8,058,000	2,490,000		소계	22,743,000	9,245,000
연운 영비	인건비	2,466,000	384,000	연운 영비	인건비	564,000	323,000
	유류비	297,000	30,000		전력비	178,000	87,000
	수리비	304,000	7,000		재료비	467,000	77,000
	공공요금 (보험료 등)	57,000	5,000		수리수선비	1,787,000	90,000
	종량제봉투	83,000	28,000		차량유지비	38,000	4,000
	민간위탁금	0	610,000		기타비용 (공공요금 등)	1,425,000	14,000
	소계	3,207,000	1,064,000		소계	4,459,000	595,000
연간 수집운반량(톤)	54,896	23,616	퇴비 판매수입	3,000	25,000		

자료: 제주특별자치도 제주시(생활환경과), 서귀포시(생활환경과) 내부자료

제주시는 퇴비화 방법에 의한 음식물류 폐기물 처리시설을 운영 중에 있다. 비용과 편익을 분석함에 있어서 고정비용 중 부지와 건설비용은 2016년도 공시지가와 환경부의 설치비를 적용하여 현재 가치를 산정하였다.

제주시 처리시설의 고정비는 22,743백만 원이며, 연간 운영비는 4,459백만 원으로 이를 현재가치(PV₃)로 계산하면 다음과 같다.

$$PV_3 = 22,743,000 + \sum_{i=1}^{15} \frac{4,459,000}{1.055^i} = 67,500,573 \text{천원} \text{-----}(4)$$

제주시 처리시설의 2016년도 처리량은 54,896톤/년으로 15년간 처리되는 양은 823,440톤으로 계산되었다. 이를 처리시설 톤당 고정비용과 연간 운영비 현재가치를 구해보면 81,973원/톤(67,500,573,000원/823,440톤)으로 나타났다. 제주시 처리시설 용량은 110톤/일(8시간 기준)임에도 불구하고 2016년도 기준 150.4톤/일을 처리하고 있어 가동률은 136.7%를 나타내고 있다.

비용을 비교 분석함에 있어 정상적인 가동률을 시설 용량의 80%로 환산하여야 하므로 15년간 처리량은 396,000톤(110톤/일×25일/월×12월/년×15년×80%)으로 이를 톤당 고정비와 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 170,455원/톤(67,500,573,000원/396,000톤)으로 나타난다.

서귀포시에서 운영 중인 처리시설은 제주시와 동일한 퇴비화 시설이다. 다만, 제주시의 퇴비 생산과정에 있어 후부숙 기간이 10여 일인데 비해, 서귀포시의 후부숙기간은 30여 일로 서귀포시 퇴비의 질이 좋아 퇴비 판매 수입이 제주시 보다 높은 것으로 사료된다.

서귀포시 처리시설의 고정비는 9,245백만 원이며, 연간 운영비는 595백만 원으로 이를 현재 가치(PV₄)로 계산하면 다음과 같다.

$$PV_4 = 9,245,000 + \sum_{i=1}^{15} \frac{595,000}{1.055^i} = 15,217,360 \text{천원} \text{-----}(5)$$

서귀포시 2016년도 처리량은 23,616톤으로 15년간 처리되는 양은 354,240톤으로 계산되었다. 이를 서귀포시 처리시설에 따른 톤당 고정비용과 연간 운영비를 현재 가치로 구해보면 42,703원/톤(15,217,360,000원/354,240톤)으로 나타났다. 서귀포시 처리시설 용량은 46톤/일(8시간 기준) 규모임에도 불구하고 2016년도 기준 76.8톤/일을 처리하는 것으로 나타나 가동률은 166.9%를 나타내고 있다.

따라서 비용을 비교 분석함에 있어 정상적인 가동률을 시설 용량의 80%로 환산하여 비교하여야 하므로 15년간 처리량은 156,600톤(46톤/일×25일/월×12월/년×15년×80%)으로 이를 톤당 고정비와 연간 운영비의 현재 가치를 구해보면 97,173원/톤(15,217,360,000원/156,600톤)으로 나타났다.

음식물류 폐기물 처리로 발생하는 퇴비를 판매하여, 2016년도 제주시는 퇴비판매로 3백만 원 수입의 현재 가치(PV₅)는 30,113천원으로 다음과 같이 계산된다. 따라서 제주시의 퇴비 톤당 판매 수입은 37원(30,113,000원/823,440톤)으로 나타났다.

$$PV_5 = \sum_{i=1}^{15} \frac{3,000}{1.055^i} = 30,113 \text{천원} \text{-----}(6)$$

2016년도 서귀포시는 퇴비판매로 25백만 원 수입의 현재 가치(PV₆)는 250,940천 원으로 다

음과 같이 계산된다. 따라서 서귀포시의 퇴비 톤당 판매 수익은 708원/톤(250,940,000원 /354,240톤)으로 나타났다.

$$PV_6 = \sum_{i=1}^{15} \frac{25,000}{1.055^i} = 250,940 \text{천원} \text{-----}(7)$$

2) 광역 음식물류 폐기물 처리시설(바이오가스) 비용편익

제주특별자치도에서는 광역 음식물류 폐기물 처리시설을 2021년도 가동을 목표로 기본계획 용역을 수립 중에 있으며, 수집운반 비용에 대한 현재가치가 필요하다.

그러나 광역 폐기물 처리시설인 경우의 현재가치를 구할 수가 있는 자료가 없어 제주시와 서귀포시의 톤당 수집운반 비용의 평균을 현재가치로 산정하고자한다. 따라서 광역 음식물류 폐기물 처리시설의 수집운반에 소요되는 톤당 수거비용은 384,564원/톤((438,623+330,506)원/톤÷2)으로 나타났다.

광역 음식물류 폐기물 처리시설의 규모는 340톤/일로 계획 중에 있고, 건설비용은 환경부 폐기물 처리시설 표준단가인 톤당 240백만 원을 적용하여 81,600백만 원이 소요되는 것으로 적용하였다. 현재 처리시설을 계획하고 있어 연간 운영비와 전기 판매 수익 등은 환경부의 조사 자료를 인용하였다. 광역 음식물류 폐기물 처리시설의 고정비는 82,006백만 원이며, 연간 운영비는 9,095백만 원으로 이를 현재가치(PV₇)를 계산하면 다음과 같다.

$$PV_7 = 82,006,000 + \sum_{i=1}^{15} \frac{9,095,000}{1.055^i} = 173,297,798 \text{천원} \text{-----}(8)$$

광역 음식물류 폐기물 처리시설의 처리량은 월평균 가동일 수를 25일/월과 처리효율을 80%로 가정하면 설비의 내구 연한 15년 동안 처리되는 총 음식물류 폐기물 처리량은 1,224,000톤(340톤/일×25일/월×12월/년×15년×80%)으로 추정하였다. 이를 광역 음식물류 폐기물 처리 시설에서 따른 톤당 고정비용과 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 141,583원/톤(173,297,798,000원/1,224,000톤)으로 나타났다

〈표 9〉 광역 음식물류 폐기물 처리시설 고정비용 및 운영비용(바이오가스) (단위: 천원)

항목		광역처리시설 (바이오가스)	비고
고정비용	부지비용	406,000 (34,737㎡)	'16년도 공시지가 11,700원/㎡
	건설비용	81,600,000	2.4억/톤
	소계	82,006,000	
연운영비	인건비 수리비 등	9,095,000	73,295원/톤
전기 판매수입		3,216,000	25,920원/톤

자료: 환경부(2012), 「음식물류 폐기물 관리정책 방향 및 개선방안 연구」

음식물류 폐기물을 처분하는 과정에서 발생하는 편익은 쾌적한 생활환경 조성 등의 편익이 발생하나 이와 같은 사항은 이미 제외하는 것으로 하였으므로 광역 음식물류 폐기물 처리시설에 발생하는 바이오가스를 활용한 전기 판매수입은 연 3,216백만 원의 수입이라 산정하였다. 내구 연한을 15년이라 가정하면 전기 판매 수입의 현재 가치(PV₈)는 다음과 같이 계산된다.

$$PV_8 = \sum_{i=1}^{15} \frac{3,216,000}{1.055^i} = 32,280,860 \text{천원} \text{-----}(9)$$

반면 15년 동안 처리되는 총 음식물류 폐기물량은 1,224,000톤으로 톤당 전기 판매 수입은 26,373원/톤(32,280,860,000원/1,224,000톤)으로 나타났다.

3) 음식물류 폐기물 자체 처리시설(감량기) 비용편익

자체 음식물류 폐기물 처리시설(감량기)은 발생원 자체에서 처리하는 시설로 미생물 또는 건조에 의한 방식이 주를 이루고 있다. 발생원 자체에서 처리할 경우에는 수집운반 비용이 없어 공공처리에 비해 효율성에 있어 우위를 점하는 것으로 판단된다.

실제로 A 요양원에 99kg/일의 미생물발효 방식의 감량기를 설치 운영하였으며, 실제 투입되는 음식물류 폐기물 양과 잔재물을 배출할 때 마다 양을 측정하였으며, 전력량은 전용 전력계량기에서 측정한 실제 값을 적용하였다.

운영기간 중 32일을 제외한 것은 동 기간 동안 음식물류 폐기물 발생량 측정 자료가 없어 제외하였다. 총 운영기간 270일로 음식물류 폐기물 처리량은 5.2톤으로 일평균 19.2kg을 처리한 것으로 나타났다. 잔재물 배출량은 660kg으로 감량률은 87.3%로 나타났고, 잔재물은 퇴비로 사용 중에 있다. 전력소비량은 1일 22kw가 소요되었으며, 전기요금은 2,052.6원/일로 나타났다.

A 요양원의 감량기 고정비는 28,500천 원이며, 연간 운영비는 749천원으로 이를 현재가치(PV₉)로 계산하면 다음과 같다.

$$PV_9 = 28,500 + \sum_{i=1}^{15} \frac{749}{1.055^i} = 36,018 \text{천 원} \text{-----}(10)$$

A 요양원 감량기로 처리 가능한 실제 음식물류 폐기물 처리량은 내구 연한 기간인 15년 동안 총 105톤(19.2kg/일×365일/년×15년÷1,000kg/톤)으로 나타났다. 이를 A 요양원 감량기의 톤당 고정비용과 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 343,028원/톤(36,018,000원/105톤)으로 나타났다(감량기 사용률 19.4%). 감량기 사용률을 80%라 가정할 경우에는 15년 동안 처리 양은 434톤(99kg/일×365일/년×15년×80%÷1,000kg/톤)으로 톤당 고정비용과 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 82,990원/톤(36,018,000원/434톤)으로 나타났다.

B 가정은 공동주택으로 부모와 3명의 자녀로 구성된 5인 가족이다. 음식물류 폐기물 감량기는 236일간 운영하였으며, 동 기간 중 178kg을 처리하여 1일 0.75kg이 발생한 것으로 나타났다. B 가정의 감량기 고정비는 770천 원이며, 연간 운영비는 48천원으로 이를 현재가치(PV₁₀)로 계산하면 다음과 같다.

$$PV_{10} = 770 + \sum_{i=1}^{15} \frac{48}{1.055^i} = 1,251 \text{천 원} \text{-----}(11)$$

B 가정 감량기에서 처리 가능한 실제 음식물류 폐기물 처리량은 내구 연한 기간인 15년 동안 총 4.1톤(0.75kg/일×365일/년 ×15년÷1,000kg/톤)으로 나타났다. 이를 B 가정 감량기의 톤당 고정비용과 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 305,121원/톤(1,251,000원/4.1톤)으로 나타났다(감량기 사용률 37.5%).

감량기 사용률을 80%라 가정할 경우 15년 동안 처리 양은 8.8톤(2kg/일×365일/년×15년×80%÷1,000kg/톤)으로 톤당 고정비용과 연간 운영비의 현재가치를 구해보면 142,159원/톤(1,251,000원/8.8톤)으로 나타났다.

〈표 10〉 업소 및 가정 자체 처리시설(감량기) 고정비용 및 운영비

구분		A 요양원(91인)	B 가정(5인)	비고
구입비용		28,500천원	770천원	
운영기간	기간	2016. 11. 9.~2017. 9. 8.	2016. 12. 6.~2017. 7. 31.	
	일수	270일간(32일 제외)	236일간	
①투입량	총량	5,186kg	178kg	
	일평균	19.2kg	0.75kg	
②잔재물 배출량	총량	660kg	37.3kg	
	일평균	2.4kg	0.161kg	
전력량	총량	5,950kwh	330.1kwh	
	일평균	22.0kwh	1.4kwh	
감량률 ((①-②)/①×100)		87.3%	79.0%	
1일 전기요금		2,052.6원	130.6원	
kg당 전기요금		106.9원	174.1원	
연간운영비		749천원	48천원	

자료: 한국전력공사, 전력비용은 93.3원/kwh(2016. 12. 1. 기준)

3. 비용편익 분석결과의 시사점

1) 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리비용 표준원가와 비교

음식물류 폐기물 처리비용은 자치단체와 수집운반 처리업체간의 계약으로 단가가 결정되나, 2013년부터 음폐수⁹⁾ 해양배출 금지로 육상처리에 따른 음식물류 폐기물 처리비용이 상승되었다. 환경부에서는 2014년도에 객관적인 수집운반·처리단가 및 원가산정 기준을 마련하였다.

제주 지역 톤당 수집운반 비용과 산정 기준을 비교할 경우 제주시는 톤당 438,623원, 서귀시는 톤당 330,507원으로 표준원가 보다 높은 것으로 나타나, 수집운반에 과정에서 비효율이 상존하는 것을 알 수 있다.

〈표 11〉 도시별 수집운반 표준원가와 제주 지역 수집원가 비교

(단위: 원, 톤)

구분	대당 표준 수집운반량	톤당 수집운반 표준원가	제주시	서귀포시
대도시	11.52	84,254	438,623	330,507
중소도시	9.68	100,270		
도농복합	9.15	106,078		
농촌	4.13	235,015		
단독주택	7.21	134,620		
공동주택	9.06	107,131		

자료: 환경부(2014) 「음식물류 폐기물 수거 처리비용 산정 연구」

⁹⁾ 음폐수는 수분이 약 80% 정도 함유된 음식물류 폐기물의 처리과정 중 고체와 액체를 분리하는 과정에서 발생하는 폐수를 총칭한다.

환경부의 음식물류 폐기물 처리방식별 원가산정과 제주 지역의 공공 음식물류 폐기물 처리 시설의 톤당 처리비를 비교하여 보면 전국은 125,437원으로 제주시 170,455원, 서귀포시 97,173원으로 나타나 제주시 처리시설 운영비가 전국보다 높은 것으로 나타났다. 제주특별자치도에서 추진 중인 광역 처리시설인 바이오가스 운영비 141,538원으로 전국 바이오가스 시설의 운영비용 보다 높게 나타나고 있어, 건설 초기부터 건설비용과 운영비 등에 대한 최적화 방안이 필요할 것으로 사료된다.

업소 자체 처리시설(감량기)은 톤당 82,990원으로 전국 운영비보다 낮게 나타났으며, 가정 자체처리시설(감량기)은 톤당 142,169원으로 높게 나타났다.

〈표 12〉 음식물류폐기물 처리시설 원가산정 결과(톤당 처리비)

(단위: 원/톤)

처리방식	전국	제주시	서귀포시	광역처리시설	자체처리 (업소)	자체처리 (가정)
호기성퇴비	125,437	170,455	97,173		82,990	142,169
바이오가스	110,815			141,538		

자료: 환경부(2014) 「전국 음식물류 폐기물 수거 처리비용 산정 연구」

2) 제주 지역 음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익 비교

〈표 13〉에는 제주 지역 음식물류 폐기물 처리방식별 톤당 처리비용을 분석하여 정리하였다. 가동률 80%를 기준으로 순비용을 비교 분석하여 보면, 제주시의 수집운반비를 포함한 음식물류 폐기물의 톤당 처리비가 609,041원으로 가장 높고, 그 다음으로는 광역처리시설, 서귀포시, 가정용 감량기, 업소용 감량기 순으로 비용이 낮아지고 있다. 이것은 수집운반 비용이 음식물류 폐기물의 톤당 처리비용에 가장 많은 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

수집운반 비용을 제외한 음식물류 폐기물 처리시설의 톤당 처리비용을 살펴보면 제주시 톤당 처리비가 170,455원으로 가장 높았으며, 그 후로 가정용 감량기, 광역 처리시설(바이오가스), 서귀포시, 업소용 감량기 순으로 낮아지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 음식물류 폐기물을 수집운반 없이 발생원에서 처리할 수 있는 감량기가 비용에 있어 비교 우위에 있는 것을 알 수 있다.

〈표 13〉제주 지역 음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익 분석결과

(단위: 원/톤)

구분		수집운반비 (A)	고정비 및 연간운영비 (B)	퇴비 및 전기 판매수입 (C)	순비용 (D=A+B-C)
제주시 퇴비화	실제	438,623	81,973	37	520,559
	80%	438,623	170,455	37	609,041
서귀포시 퇴비화	실제	330,506	42,703	708	372,501
	80%	330,506	97,173	708	426,971
광역처리시설 (바이오가스)		384,564	141,583	26,373	499,774
업소용 감량기	실제	-	343,028	-	343,028
	80%	-	82,990	-	82,990
가정용 감량기	실제	-	305,121	-	305,121
	80%	-	142,159	-	142,159

V. 결론

본 연구의 결과를 요약하여 제시하면, 가동률 80% 조건의 음식물류 폐기물의 처리방식별 비용편익 분석 결과에 의하면 공공 처리시설보다는 음식물류 폐기물을 발생원에서 처리 할 수 있는 자체 처리시설(감량기)이 비용 측면에 있어 효율성이 좋은 것으로 나타났다(〈표 14〉참조). 업소의 자체 처리시설(감량기)의 톤당 처리비가 82,990원으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 가정 자체 처리시설(감량기), 서귀포시 퇴비화, 광역처리 바이오가스, 제주시 퇴비화 방식 순으로 총비용이 높아지는 것으로 나타났다. 즉, 자체 처리시설(감량기)의 효율성이 높은 것은 음식물류 폐기물을 공공 처리시설에 반입처리하기 위한 수집운반 비용이 필요하나, 자체 처리시설(감량기)은 수집운반 비용이 소요되지 않는다는 이점이 있는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 공공에서 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리비용을 낮추기 위해서는 총비용 중 72~77% ($A/D \times 100$)를 차지하고 있는 수집운반 비용을 낮춰야 한다는 것을 시사하고 있다.

현재 제주특별자치도가 추진하고 있는 광역 음식물류 폐기물 처리시설(바이오가스 방식)의 고정비 및 연간운영비(B)는 서귀포시 퇴비화 방식보다는 높고, 제주시 퇴비화 방식보다는 낮은 것으로 나타나 효율성이 중간인 것으로 나타났다. 따라서 제주특별자치도에서 시행하고 있는 다량 매출사업장 자체 처리시설(감량기) 설치 의무화와 자체처리 시설(감량기) 확대 보급 사업은 음식물류 폐기물을 처리함에 있어 효율성이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 보면 수집운반 비용이 필요 없는 자체 처리시설(감량기) 사업을 확대하는 것이 타당하다고 할 것이다.

〈표 14〉제주 지역 음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익(80% 가동률)

(단위: 원/톤)

처리방식		비용		편익 (C)	총비용 (D=A+B-C)
		수집운반 (A)	고정비 및 연간운영비 (B)		
공공처리 시설	제주시 퇴비화	438,623	170,455	37	609,041
	서귀포시 퇴비화	330,506	97,173	708	426,971
	광역처리 바이오가스	384,564	141,583	26,373	499,774
자체 처리 시설(감량기)	업소	-	82,990	-	82,990
	가정	-	142,159	-	142,159

본 연구에서 나타난 결과를 토대로 정책적인 시사점을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 도민들이 부담하는 음식물류 폐기물의 수집운반 및 처리비용은 톤당 30,000원에 비해 실제 처리비용이 446,530원/톤((520,559+372,501)원÷2)으로 14.8배 이상 낮은 것으로 나타나 비용을 kg당 444원 이상 올려야 할 것이다. 다만, 수집운반 비용을 전국 도농 복합 지역의 톤당 단가(106,078원)를 적용하는 것을 가정할 경우에는 7.6배 낮은 것으로 나타나 비용을 kg당 228원으로 결정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

둘째, 전국 평균 수집운반 표준 비용인 106,078원/톤에 비해 제주시 438,623원/톤, 서귀포시는 330,506원/톤으로 높게 나타나 수집운반 비용을 절감해야 하는 정책 시행이 필요하다.

셋째, 제주시의 음식물류 폐기물 처리시설의 운영비용은 81,973원/톤으로 서귀포시 운영비용 42,703원/톤 보다 높게 나타나고 있어 효율적으로 운영할 필요가 있는 것으로 나타났다.

넷째, 음식물류 폐기물은 수집운반 비용이 없는 자체 감량기에서 처리하는 것이 매우 효율성이 높은 것으로 나타났다.

다섯째, 가정 자체 처리시설(감량기) 보다는 업소 자체 처리시설(감량기) 보급이 효율성이 높아 업소 자체 처리시설(감량기)을 우선 확대할 필요가 있을 것으로 사료된다. 다만, 공공 처리시설도 자체 처리시설(감량기)의 고장 등 공익성 강화 측면에 있어 반드시 필요하며, 두 가지 방안을 병행하여 추진하는 것이 바람직하다.

본 연구에서 나타난 한계점을 밝히고 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 이미 앞서 한계점으로 지적한 것과 같이 실제 수집운반에 따른 대기오염으로 인한 비용과 음식물류 폐기물 처리시설 주변지역 환경오염으로 인한 피해 비용, 주변지역 주민들에 대한 보상비용 등이 비용에 포함되지 않은 것과 음식물류 폐기물 처리로 인한 쾌적한 생활환경으로부터 오는 편익을 산정하지 않은 것이다.

둘째, 자체 처리시설(감량기)을 사용함에 있어 음식물을 버리기 위해 집 밖에 나가지 않는

편리함과 이웃들과의 마찰과 이웃에 피해를 주지 않는 편익이 포함될 경우 감량기의 비용은 더 낮아질 것으로 기대되며, 이에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

셋째, 자체 처리시설(감량기) 사용을 확대하기 위해서는 감량기의 구입과 운영비용에 상당하는 음식물류 폐기물 처리 수수료를 인상이 필요하며, 이에 대한 근거자료 확보를 위한 연구가 필요할 것이다.

〈참고문헌〉

- 강진영. (2012). 「음식물 쓰레기 종량제 효율적 운영방안 연구」, 제주연구원.
- 경제학사전. (2011), 경연사.
- 김광임. (1995). 「폐기물 매립장의 경제적 가치 측정연구」, 한국환경기술개발원.
- 김홍균. (1988). 음식물 쓰레기 퇴비화시설 민자 유치 방안. 「서강경제논집」, 27(1): 133-152.
- 김홍균. (1999). 음식물쓰레기 처리방법별 비용-편익분석. 「서강경제논집」, 28(1): 113-144.
- 류을렬·박승국·이태근·채근석. (2000). 충북지역 남은 음식물의 효율적 처리방안. 「지역정책연구」, 11(1): 73-95.
- 박경래. (2013). 사범 협조사 형벌감면제도 도입에 대한 비용편익분석 연구. 「한국경찰연구」, 12(2): 79-114.
- 오정일. (2012). 비용편익분석의 유용성에 관한 이론적 검토. 「정책분석평가학회보」, 22(1): 33-57.
- 윤우석·이창훈·심희섭. (2017). 범죄예방용 CCTV 설치의 비용편익분석: 절도와 폭력범죄를 중심으로. 「한국경호경비학회지」, 50: 209-237.
- 이정임·김찬준·송기수·좌승희. (2006). 「음식물류 폐기물의 효율적인 처리방안」, 경기연구원 기본연구.
- 전상경. (2003). 「정책분석의 정치경제」, 박영사.
- 제주특별자치도. (2017). 「제주특별자치도 음식물류 폐기물의 발생억제, 수집·운반 및 재활용에 관한 조례」.
- 제주특별자치도. (2017). 「제주특별자치도 폐기물관리조례」.
- 한국은행 경제통계 시스템. (2017). ecos.bok.or.kr.
- 한국행정학회행정연구원. (2014). 「음식물류 폐기물 관리정책 개선방안 및 해외 우수사례 관리정책 비교연구」.
- 한국환경공단. (2013). 「음식물 쓰레기 종량제 성과평가 및 발전방안 마련 연구」.
- 환경부. (2013). 「음식물류 폐기물 자원화 정책방향」.

- 환경부. (2011-2016). 「음식물류 폐기물처리현황」.
- 환경부. (2012). 「음식물류 폐기물 관리정책 방향 및 개선방안 연구」.
- 환경부. (2011-2012). 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」.
- 환경부. (2016). 「전국 음식물류 폐기물처리시설 설치·운영 현황」.
- 환경부. (2012). 「음식물 쓰레기 수거체계 선진화 구축방안 마련」.
- 환경부. (2014). 「음식물류 폐기물 수거·처리비용 산정연구」.
- 환경부. (2010). 「음식물 쓰레기 종량제 및 감량화 시책 도입방안 마련 연구」.
- 환경부. (2016). 「폐기물관리법」.

접수일(2018년 06월 04일)

수정일(2018년 07월 16일)

게재확정일(2018년 07월 28일)

<국문초록>

음식물류 폐기물 처리방식별 비용편익 분석을 통한 효율성 평가: 제주 지역 사례를 중심으로

본 연구의 목적은 제주 지역에서 발생하는 음식물류 폐기물 처리방식에 대한 비용편익 분석을 통해 공공 처리시설과 자체 처리시설(감량기)의 효율성 비교와 더불어 공공 처리시설의 문제점을 파악하여 실제 행정에 반영할 수 있는 방안을 모색하는데 있다. 본 연구의 목적 달성을 위해 공공 처리시설과 자체 처리시설(감량기)의 비용편익 분석에 관한 선행연구를 토대로 음식물류 폐기물 처리 방식별 비용과 편익을 산정하였다.

본 연구는 실증연구를 위해 제주 지역에서 운영 중인 음식물류 폐기물 처리시설의 2개소의 실제 운영 자료를 사용하였고, 자체 처리시설(감량기)도 사회복지시설 1개소와 가정 1개소의 실제 측정 자료를 사용하였다. 다만, 제주특별자치도에서 추진 중인 광역 음식물류 폐기물 처리시설은 환경부 자료를 사용하였다. 비용편익 분석을 보다 세밀하게 산정하기 음식물류 폐기물 처리시설별로 분석하였고, 분석 비교의 편의성을 위해 모든 건설비용과 운영비용, 편익을 현재 가치로 환산하여 톤당 처리비로 나타냈으며, 가동률은 80%로 가정하여 동일한 상황을 구현하였다.

분석 결과에 따르면 공공 음식물류 폐기물 처리시설보다는 자체 처리시설(감량기)에서 처리하는 것이 효율성이 높은 것으로 나타났다. 이는 공공에서 음식물류 폐기물을 처리하기 위해 수반되는 수집운반 과정에서의 처리비용이 높은 것이 효율성 저하의 주요 요인이었다. 이에 반해 수집운반 과정이 없는 자체 처리시설(감량기)의 처리비가 상대적으로 효율성이 높게 나타났다.

본 연구는 연구방법에 있어서 실제 음식물류 폐기물 처리에 소요되는 비용과 편익을 산정하기 위해 실제 운영 자료를 사용하였다. 기존 연구들이 설문 또는 서면에 의한 조사 자료를 근거로 비용과 편익을 분석한 것 보다는 보다 현실에 가깝다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다고 할 것이다. 본 연구의 분석 결과를 바탕으로 정책적 제언을 몇 가지 제시해 보면, 첫째, 음식물류 폐기물을 발생원에서 처리하는 자체 처리방식(감량기) 보급 사업을 음식물류 폐기물 다량 배출 사업장 위주로 확대하여야 한다. 둘째, 공공 처리방식의 음식물류 폐기물 처리에 소요되는 예산을 절감하기 위해서는 수집운반 비용을 대폭 낮춰야 한다. 셋째, 도민들이 부담하는 음식물류 폐기물 수집운반 및 처리 수수료를 현행 30원/kg에서 228원/kg까지 점진적으로 높여야 한다.

주제어: 비용편익, 음식물류 폐기물, 처리시설, 수집운반