

음식물류 폐기물 자원화 시설 DEA모형을 활용한 경영성과 분석

(Management performance analysis using the DEA model of the
food waste recycling facility)

정 일 선¹⁾, 김 영 균^{2)*}

(IlSeon Jeoung and Youngkyun Kim)

요 약 국민 소득수준이 향상되고 주택의 도시화 및 경제속도가 빠르게 진행됨에 따라 주거용 생활 폐기물과 음식물류 폐기물이 급격하게 증가하고 있다. 우리나라에서는 1991년 개정된 “폐기물관리법”을 기초로 1995년 생활 폐기물 종량제가 시행되었다. 하지만 시행 이후에도 여전히 음식물류 폐기물의 악취 및 이를 위한 신속한 처리 과정이 사회적 문제로 지속되고 있다. 이러한 이유로 음식쓰레기 재활용사업이 주목받고 있으며, 음식물류 폐기물의 사료화, 퇴비화, 기타자원화 등 자원 재활용하는 역할에 관하여 본 논문에서는 자원화 과정의 비효율성을 줄이기 위한 음식물류 폐기물 재활용 시 사업장의 경영성과를 향상시킬 요인이 무엇인가에 연구하였으며, 2020년 말 기준 국내 자원 재활용사업을 영위 중인 사업장 394개(공공 238개, 민간 156개) 중 시설물 자료가 미흡한 업체를 제외, 전국 33개 시설 사업장의 투입물과 산출물의 관계를 “자료포락분석”(DEA:Data Envelopment Analysis)을 통해 조사하고, 음식물류 폐기물 시설의 상대적 경영성과에 중요한 역할이 무엇인가에 대하여 연구하였다. 음식물류 폐기물 재활용 사업을 영위 중인 업체의 업력, 시설용량, 자본금, 기계장치가 매출액에 미치는 영향이 무엇인가를 가설로 검증한다.

핵심 주제어: 음식물류 폐기물 자원화, 자원재활용, 효율성 및 경영성과 분석

Abstract As the national income level is improving, housing urbanization and economic speed are progressing rapidly, household waste and food waste are rapidly increasing. The “Waste Management Act” (founded in 1991) introduced the volume-based household waste system in 1995, and even after implementation, the odor of food waste and the prompt disposal process continue to be a social problem. For this reason, the food waste recycling business is attracting attention. In this paper, regarding the role of resource recycling such as feed, compost, and other resources of food waste, this thesis aims to reduce the inefficiency of the recycling process. Data Envelopment Analysis (DEA) of the relationship between inputs and outputs of 33 facilities nationwide, excluding facility data (insufficient) among 394, (238 public, and 156 private ones), as of the end of 2020, which is running a domestic resource recycling project This study was conducted to investigate the important role in the relative management performance of food waste recycling facilities. It was hypothesized that the influence of business history, facility capacity, capital, and machinery of a company running a food waste recycling business on sales was tested.

Keywords: Food waste resource conversion, resource recycling, efficiency and management performance analysis

* Corresponding Author: ilseon_jeoung@inu.ar.kr
Manuscript received June 16, 2022 / revised July
25, 2022 / accepted August 10, 2022

1) 인천대학교 경영학과, 제1저자
2) 인천대학교 경영학과, 교신저자

1. 서론

최근 코로나19로 인한 재택근무 및 집에서 머무는 시간이 늘어남에 따라 지구의 환경문제가 더욱더 대두되고 있으며, 전 세계적으로 자원 고갈이 심각해지고 있다. 선진국 사람들은 후진국 사람들에 비해 엄청나게 많은 자원을 소모하고 있으며 향후 자원의 고갈을 지연 시킬 수 있는 재활용을 통해 신규 비즈니스(business) 기회를 창출시키고 자원을 조금 더 지속적으로 사용할 수 있다.

특히 음식물류 폐기물이 환경문제와 자원의 재활용이라는 두 가지 측면에서 주목받고 있는 분야이다(Rutgers, 2002). 국내에서는 1995년 생활 쓰레기 종량제 도입을 시작으로 음식물류 폐기물 처리 문제가 사회적 이슈화 되면서 폐기물 감량화 및 재활용 사업이 가속화가 시작되었으며, 1998년 환경부, 농림부 외 관계부처 공동으로 음식물쓰레기 자원화 5개년계획('98~'02)을 수립 후 국민정부기간('02~현재)까지 식량과 환경문제에 대비한 자원절약 및 환경보전형 음식물쓰레기 감량 및 자원화 확대를 위한 폐기물 관리체계를 성립함으로써 자원 재순환 체계구조로 정립하게 되었다. 이에 따라 음식 쓰레기 발생량은 감소하고 있으며, 음식물류 폐기물의 재활용은 비약적으로 상승하였다.

음식물류 폐기물 자원화 사업은 버려진 음식 쓰레기를 재생산하여 이를 자원으로 활용하는 사업으로 정부와 민간에서 사업 활성화를 위해 짧은 시간에 많은 재활용 시설을 설치 및 운영하면서 음식 쓰레기의 재활용 성장성은 크게 변화되었지만, 음식물류 폐기물 시설의 효율성과 경영상의 많은 문제들이 여전히 공존하고 있다. 국내 공공과 민간에서 운영하는 음식물류 폐기물 재처리 시설업이 많이 경영되고 있지만 지역 내 운영 주체별 자원화사업의 성과는 양극화되고 있으며, 심지어는 수익을 내지 못하는 비효율적으로 경영을 하는 사업장도 존재하고 있는 현실이다. 이에 음식물류 폐기물 사업의 성공적인 활성화를 위한 효율적인 운영전략을 제시하고자 한다.

DEA모형을 적용한 선행연구는 다양한 분야에 적용되어 수행되었으며, 이들 연구 중 대표적인 연구를 요약하면 다음과 같다.

Sherman and Gold(1985)는 미국의 한 저축은

행의 14개 지점을 대상으로 은행들 간의 상대적인 효율성을 비교·분석하였으며 Vassiloglou and Giokas(1990)는 그리스 상업은행의 아테네 지역 20개 지점을 대상으로 효율성 경영성과를 분석하였다. 이외에도 Jo(2001), Kim(2005), Kim(2010) and Park(2010) 등 실질 사례에 적용하는 형태의 연구들이 다양한 효율성 측정에 큰 틀로서 적용되었으며, 이는 DEA모형을 적용하여 나타나는 효율성 측정 방법의 적합한 타당성이 있음을 증명해 주는 결과인 것이다.

본 연구에서는 음식물 자원화 시설물 사업장에 관하여 DAE모형을 적용하여 음식물류 폐기물 자원화 시설의 효율적 경영 성과를 분석하고자 하며, 향후 음식물류 폐기물 자원화 사업을 경영하는데 실용적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 음식물류 폐기물 자원화 사업

2.1 음식물류 폐기물

음식물쓰레기는 국내 법상 “음식물류 폐기물”로 정의하고 있으며 자원화법, 자원화 용도에 따라 다양한 명칭으로 분류된다. 음식을 가공 前 폐기물, 가공 後 음식물의 수분함량 정도에 따라 젖은 쓰레기로 일반적이며 가장 광범위한 의미로 이용되는 명칭은 음식물쓰레기, 음식물류 폐기물 등으로 불려지고 있다(Jeong et al.,2005).

2000년대 이후로는 음식물 쓰레기라는 용어보다는 폐기물관리법에 의거 “음식물류 폐기물”이라는 용어로 정의하고 있으며, 우리나라 음식물류 폐기물의 자원재활용 사업을 실행하기 위해 네 가지 단점을 나열해 보고자 한다(Choi et al.,2004).

첫 번째는 수분함량이 많다는 점이다. 대략 80~90% 정도가 평균치이며, 기계장치로 수분을 분리하는데 기술적 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 이는 보관이 어렵고 수분함량이 많기 때문에 사용할 수 있는 성분이 상대적으로 적어 일반사료와 비교하면 약 4배~5배 정도 사료가치가 떨어지며 퇴비화, 사료화 할 경우 감소되는 수분함량으로 인해 생산성이 낮아지는 중요한 요인이 된다.

두 번째는 이물질들을 들 수 있다. 음식물류 폐기

물에 함유된 이물질의 구성비를 분류하면 비닐봉투와 금속류, 플라스틱과 천류 등이 함유되어 있으며 이것은 음식물류 폐기물의 자원화를 위해서 이물질 선별이 필수적으로 해결해야 할 것을 의미한다.

세 번째는 음식물류 폐기물은 대부분이 부패되어 있다는 것이다. 계절에 따른 온도와 습도에 따른 상한 음식물이 섞여 들어올 경우 신속한 열처리 등을 거쳐 살균작업을 거쳐야 한다.

네 번째는 높은 염분함량으로 퇴비 품질 저하 및 토양오염의 악화를 초래할 수도 있으며, 음식물류 폐기물의 발생량과 종류가 계절적인 편차를 보여서 퇴비화를 하는데 어려움이 있다(Choi et al., 2004).

음식물류 폐기물 재활용 처리는 습식사료, 건식사료, 퇴비화, 혐기성소화, 합수병합 등으로 분류되며, 재활용 사업 초기에는 대부분 사료화로 진행이 되었으나, 광우병 및 구제역 등 사회질병문제로 인하여 퇴비화로 방법으로 전환되었으며, 2009년 후 에너지문제 등이 언급되면서 혐기성소화에 의한 메탄가스 창출에 대한 관심이 증가되고 있으며, 일부 지방자치단체에서 설치하거나, 검토 중에 있다. 자원화 재활용 단계를 거쳐서 얻어진 최종생성물은 퇴비 또는 사료이며, 이들 제품을 이롭게 사용하는 것이 이용단계이다. 가정 부문 음식물류 폐기물의 자원화 경로를 배출원별로 나타내었다. 음식물류 폐기물 자원화의 주요 처리 방법은 퇴비화 및 사료화이고, 최근에는 지렁이 사육, 버섯재배, 탄화기술 등의 처리 방법이 기술성을 인정받아 시험적으로 실시되고 있다(Kim et al., 2010).

2.2 음식물류 폐기물 자원화 시설

2.2.1 시설 현황

국내 자원화 시설물은 전국에 394군데 업체가 공공 및 민간에 의해 운영되고 있으며 큰 분류로 구분하면 사료화, 퇴비화, 기타 시설물로 구분된다. 사료화 시설물은 습식, 건식으로 구분되며, 퇴비화 시설물은 호기성, 혐기성 시설물로 구분되고, 기타 시설물은 그 외 파쇄, 탈수, 바이오가스, 합수병합 처리, 소각, 등의 처리 개념의 시설물을 포함하고 있다. 또한 2005년 음식물류 폐기물의 직매립 금지가 시행됨에 따라 전국 자원화 시설물 사업은 짧

은 기한에 급속도로 고도성장 하였다(Ministry of Environment, 2005).

2.2.2 사료화 시설물

사료화 시설물의 구분은 습식과 건식 두 가지 방식으로 설치·운영되고 있으며, 전체 사료화 시설물은 총 202군데 시설물은 습식 154군데, 건식 48군데로 대체적으로 습식처리에 의한 사료화가 진행되고 있음을 알 수 있다. 이는 습식처리 방법이 높은 수분함량과 자가의 높은 유기성 성분으로 인해 실제 처리단계에서 유기물 분해에 의한 산패가 발생됨에 따라 저장·운반 및 기회 비용적인 측면에서 건식에 비해 습식이 많이 투입되기 때문이다. 시설물 전체 202군데의 총시설용량 규모는 9,695톤/일이며, 처리량은 5,204톤/일, 습식방식의 시설용량 규모는 4,201톤/일, 처리량은 1,619톤/일, 건식방식의 시설용량 규모는 5,494톤/일, 처리량은 3,585톤/일로 조사 되었다.

2.2.3 퇴비화 시설물

퇴비화 시설물의 구분은 호기성과 혐기성 두 가지 방식으로 설치·운영되고 있으며, 전체 퇴비화 시설물은 총 77군데 시설물은 호기성 72군데, 혐기성 5군데로 주로 호기성 퇴비화 시설물에 의한 것으로 나타났다. 이는 호기성처리 분해는 중간 분해 과정 없이 바로 안정된 물질로 적용되는 반면에 호기성처리 분해는 분해 과정이 복잡하며 공기가 적은 상태에서의 가능한 필수적 작업 조건이 따른다. 호기성처리 분해 시설물의 발전 동기는, 첫 번째 분해 속도가 빠르며 미생물이 자연 상태에서 분해되기 때문에 환경에 대한 부작용이 따로 없다. 두 번째 유기탄소가 이산화탄소로 변하면서 열을 에너지로 방출한다. 세 번째 악취 발생이 거의 없다. 네 번째 고열에 의해서 잡초, 병원균 등을 사멸시킨다는 점이라 할 수 있다.

시설물 전체 77군데의 총시설용량 규모는 5,062톤/일이며, 처리량은 3,344톤/일, 호기성 시설용량 4,902톤/일, 처리량 3,215톤/일, 혐기성 시설용량 106톤/일, 처리량 129톤/일로 조사 되었다.

2.2.4 기타 시설물

기타 음식물 폐기물 시설물은 파쇄(6군데), 탈수

(6군데), 바이오가스(3군데), 소화가스(2군데), 하수병합처리(2군데), 생석회비료화(1군데), 액비화(1군데), 소각(2군데), 산발효소(1군데), 기타 미분류(91군데)로 나타났다.

시설물 전체 115군데의 총시설용량 규모는 8,031톤/일, 파쇄 시설용량 624톤/일, 처리량 375톤/일, 탈수 시설용량 405톤/일, 처리량 256/일, 소화가스 시설용량 220톤/일, 처리량 153톤/일, 하수병합처리 170톤/일, 처리량 87톤/일, 생석회 시설용량 60톤/25일, 처리량 25톤/일, 액비화 시설용량 29톤/일, 처리량 22톤/일, 소각 시설용량 28톤/일, 처리량 21톤/일, 산발효소 시설용량60톤/일, 처리량 25톤/일, 기타 시설용량 6,070톤/일, 처리량 3,200톤/일로 조사 되었다.

3. DEA의 이론적 배경

3.1 효율성

경영성과(management performance analysis)의 효율성(efficiency)개념은 투입물(input)에 대한 산출물(output)의 비율로 정의된다.

그러나 투입요소와 산출요소의 종류가 각각 하나이면 쉽게 경영성과의 효율성을 산출할 수 있지만, 대부분의 생산조직에서는 다수의 투입요소와 산출요소를 생산하고 있으므로, 각 투입요소와 산출요소의 비중에 따른 평균 가중치를 부과하여 적용한다. 이에 투입요소 다수의 평균 가중치를 적용한 총괄투입요소와 다수의 산출요소에 평균 가중치를 적용한 총괄산출요소를 비율로 정의 할 수 있다.

전통적인 경영성과 효율성 측정방법은 회귀분석법 또는 함수 접근법, 총생산성지수법 및 비율분석법으로 구분할 수 있으며 각각 그 유용성과 한계를 지니고 있다(Park et al., 2010).

효율성 및 경영성과를 측정하는 방법의 한계를 극복할 수 있는 방법으로는 프론티어 분석이 있다. 프론티어 분석은 시스템모형에 의한 투입물(inputs)과 산출물(outputs)을 사용하여 동일하거나 매우 유사한 기능을 수행하는 의사결정

단위(decision-making units: DMUs) 또는 조직단위의 상대적 효율성을 측정하고 평가하는데 사용할 수 있는 방법론으로서 프론티어를 추정하는 방법에 따라 두 가지의 접근방법으로 분류할 수 있다. 흔히 이들은 모수적 접근법인 SFA와 비모수적 접근법인 DEA로 불려진다. 또한 이들은 확률적 접근방법, 비확률적 접근방법이라고도 하는데, 모수적 접근방법은 주로 계량경제학적인 기법으로서 프론티어를 추정하며 비모수적 접근방법은 주로 수리계획법에 위한 프론티어를 추정한다(Aigner, 1977).

DEA모형에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes et al.(1978)이 제시한 방법으로 다음과 같다. 첫째, DMU의 산출물은 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가 될 수 없다. 둘째, DMU의 투입물은 산출물의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 증가시키지 않고서는 감소 될 수 없다.

일반적으로 비효율성은 투입물을 이용하여 산출물을 생산하는 과정에서 비효율적인 투입물간의 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로서, 투입물의 비효율성과 산출물의 비효율성으로 나눌 수 있다.

투입물의 비효율성은 데이터 산출물 수준을 산출 하는데 있어 업체의 투입물을 최적으로 사용하지 않기 때문에 발생하는 비효율성으로서, 최적의 형태를 준하는 수준의 투입물을 부적절하게 사용하게 됨으로써, 투입물의 비효율성은 기술비효율성과 배분비효율성으로 나눌 수 있다.

기술비효율성은 주어진 산출수준을 생산하기 위해 요구되는 최소한의 투입요소보다 더 많은 양의 투입물을 사용했을 때 발생하며, 배분 비효율성은 투입물간의 결합이 준최적 배율에서 결합될 때 발생하는 것이다(Kim et al., 2010).

산출물의 비효율성은 생산과정에 있어서 최소한의 단위비용에 일치하는 산출물의 결합 및 수준을 생산하지 못하는 경우에 발생하는 비효율성인데 산출물의 비효율성은 투입요소를 비효율적으로 사용함으로 인해 발생하는 순수기술 비효율성과 현재의 산출수준이 규모수익불변에서 결정되지 않고 규모수익증가 혹은 감소에서 균

형이 이루어질 때 발생하는 규모 비효율성의 두 가지로 나눌 수 있다(Kim et al., 2010).

3.2 DEA모형

DEA는 Charnes et al.(1978)에 의해 고안된 것으로, 일련의 선형계획법을 각 의사결정단위(DMU)의 투입·산출물에 적용하여 최선의 DMU들을 선별해내어 프런티어를 구성하고, 각 DMU들이 이러한 프런티어로부터 떨어져 있는 거리(distance function)를 계산하여 상대적 효율성을 측정하는 것이다.

DEA 모형은 실질적 분석을 지향하는 방법을 가지고 있어 경영성과 효율성 분석과정을 모형화하는데 탁월하다. 또한, 사전에 요구하는 가장이 아주 적다는 점에서 우수하여 투입과 산출의 인과관계가 명확하지 않은 비영리부문, 공공부문, 서비스부문 등의 경영성과 효율성 측정에 주로 사용되어 진다.

DEA 모형은 비효율적인 의사결정단위의 비효율성 크기를 산출해 주고, 직접적으로 비교 가능한 효율적 의사결정단위들의 집합을 통하여 비효율적인 의사결정 단위가 효율적으로 운영될 수 있는 실행 가능한 방침을 제시해 준다. 이러한 DEA 모형의 유용성은 첫째, DEA 모형은 다수투입과 다수산출 간에 특정한 함수형태를 필요로 하지 않아 이를 평가할 필요가 없다. 둘째, DEA 모형은 다수투입과 다수산출이 존재하는 경우, 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화 하기 힘든 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 셋째, 투입자료들 간에 동일한 척도의 크기를 가질 필요가 없다. 넷째, 지수법에 비해 사전적 가중치가 필요하지 않아 자의적 판단을 배제할 수 있다.

DEA 모형의 한계로는 첫째, DEA 모형을 통해 도출된 효율성은 유사하지만 다른 효율적인 참조집합의 관계 속에서 측정된 것이어서 절대적인 효율성 수준을 나타내는 것은 아니다. 둘째, DEA 모형에서 제시되는 효율성 향상을 위해 제공되는 초과 투입량 정보는 투입요소의 범위에서 제시되며 단기적일 수도 있다. 셋째, DEA 모형에서 효율성을 평가하기 위해 투입과

산출요소를 적절히 측정하고 선정하는 것은 결과의 정확성을 결정하는데 있어 중요한 문제이다. 넷째, DEA 모형에서는 평가 대상 DMU 집합의 크기가 충분하지 않은 경우, 투입과 산출요소를 전부 포함시키기 어렵다(Kim et al., 2010).

DEA는 Charnes et al.(1978)이 제시한 규모수익불변(constant returns to scale ; CRS) 모형인 CCR모형 과 Banker et al.(1984)이 제시한 규모수익가변(variable returns to scale ; VRS) 모형인 BCC모형 등 여러 모형으로 구분할 수 있다.

3.2.1 CCR모형

CCR모형은 모든 의사결정 단위들의 각각의 투입물에 대한 산출물의 각각의 가중합계의 비율이 1을 초과하면 안 되고, 각 투입과 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 단순한 제약조건하에 평가대상 의사결정단위(DMU)의 투입물에 대한 산출물의 각각의 가중합계의 비율을 최대화시키고자 하는 선형분수계획모형으로 효율성에 관한 식은 식(1번)과 같다(Kim et al., 2010).

$$\text{Maximize } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (1\text{번})$$

$$\text{subject to } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad u_r, v_i \geq 0 \text{ for all } r \text{ and } i$$

여기서, u_{rj} : j DMU의 r 번째 산출요소 산출량

x_{ij} : j DMU의 i 번째 투입량

u_r : r 번째 산출요소 가중치

v_i : i 번째 투입요소 가중치

CCR모형은 규모에 대한 규모수익불변의 조건에서 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못하는 단점이 있다.

3.2.2 BCC모형

BCC모형은 CCR모형에서 가정하는 규모의 수익불변을 완화하여 규모에 대한 규모수익가변이라는 가정을 적용한 것이다. BCC모형의 효율성에

관한 식은 다음 식(2번)과 같다(Kim et al., 2010).

$$\text{Maximize } \sum_{r=1}^8 u_r y_{r0} - u_0 \quad (2\text{번})$$

$$\text{subject to } \sum_{r=1}^8 u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad u_r, v_i \geq 0 \text{ for all } r \text{ and } i, u_0 \text{ freesign}$$

여기서, u_0 : 부호제약을 받지 않는 규모지수
BCC모형은 규모의 효과를 통제함으로써 기술 효율성에서 규모의 효율성을 분리하여 측정할 수 있는 장점이 있다.

3.2.3 규모효율성과 규모수익성

DEA 모형에서 평가대상 DMU의 비효율성은 비효율적 투입과 산출구조로 인해 나타날 수 있으나 각 DMU가 최적 규모보다 크거나 작게 운영되는 경우에도 비효율성이 발생될 수 있다.

규모의 효율성은 현재의 작업규모가 최적인지 아닌지를 판단하는 지표가 된다. 규모의 효율성은 변동규모수익과 불변규모수익 가정 아래 각 DMU별 투입과 산출구조를 비교하기 위해 CCR 효율성과 BCC 효율성을 모두 계산하며 이들의 비율로 정의된다. 이는 어떤 DMU의 CCR모형 및 BCC 모형의 점수를 각각 θ^*_{CCR} 및 θ^*_{BCC} 이라 하면, 규모의 효율성(SE)는 (3번)과 같다.

$$SE = \frac{\theta^*_{CCR}}{\theta^*_{BCC}} \quad (3\text{번})$$

이 비율이 1보다 작으면 규모의 비효율성이 존재하고 1이면 현재의 작업규모가 최적인 것으로 판단한다. 규모수익은 모든 투입요소를 비례적으로 증가시킬 때 나타나는 산출의 반응을 의미하며 불변규모수익(CRS)는 $f(\eta x) = \eta^r f(x) \quad r = 1$ 인 경우로 투입요소의 비례적 증가분만큼 산출요소가 증가하는 경우를 의미한다. 또한 $r > 1$ 이며 투입요소의 증가분보다 산출량의 증가분이 더 커지는 경우를 의미하기 때문에 체증규모수익(IRS)가 된다(Kim et al., 2010).

만약 DMU가 체증규모수익(IRS) 상태에 있다면 투입요소의 1단위 증가가 산출량을 1단위 이상 증가시킬 것이기 때문에 체증규모수익 하의 표본기업은 자원의 투입을 증가시킴으로써 산출

량을 상대적으로 크게 개선할 수 있으며 체감규모수익(DRS) 상태에 있는 경우 투입요소의 증가분 보다 산출량의 증가분이 적기 때문에 투입요소의 증가에 따라 경영활동의 비효율성이 점점 커지게 된다. 이에 효율성 평가시점에서 각 DMU가 어떤 규모수익 구간에 자리잡고 있는지에 대한 정보를 제공할 필요가 있다(Kim et al., 2010).

4. 음식물류 자원화 사업의 경영성과 분석

4.1 연구설계

DEA를 통한 효율성 측정모형은 산출지향(CR)모형과 투입지향(BCC)모형으로 나누어지며, 산출지향(CCR)모형은 DEA의 가장 기본적인 모형이며, 비영리적 의사결정단위를 대상으로 다수의 투입물과 산출물을 고려하여 상대적 효율성을 측정가능한 모형이다. 그리고 투입지향(BCC)모형이란 산출지향(CCR)모형에 한계를 극복하기 위한 규모에 대한 수익가변을 가정하여 순수 기술적 효율성을 찾을 수 있고, 규모에 대한 불변의 전체조건을 완화함으로써 산출지향(CCR)모형보다 현실적인 분석을 가능하게 하며, 산출지향(CCR)모형에 비해 효율성 점수가 높은 DMU가 더 많이 나타나는 결과를 얻을 수 있다. 이에 본 논문에서는 투입요소의 통제가 가능한 투입지향(BCC)모형을 적용하여 음식물 자원화 시설의 순수 기술적 효율성과 규모효율성 수준 등을 측정하여 경영성과에 미치는 영향을 SPSS를 통해 회귀분석하였다.

4.2 투입·산출변수의 선정

앞에서 언급한 바와 같이 음식물류 폐기물 자원화 시설이 경영성과에 미치는 효율성을 분석하기 위해서는 투입물과 산출물을 판단하는 것이 가장 중요하며, 선행되어야 할 작업이다. 변수 선정에 가장 중요하게 고려되어야 할 요소는 음식물류 폐기물 자원화 시설을 (경영·운영중)인 업체의 매출액이 가장 중요한 역할과 연구 목적의 필요성을

갖고 있는 것으로 확인되며 이에 아래와 같이 'Table 1' 투입물과 산출물을 선정하였다.

Table 1 Input and Outputs

Inputs	Outputs
Facility capacity Capital stock A mechanical device	Sales

본 연구에서는 전체 394개의 음식물류 폐기물 자원 재활용 기업 중에서 공공 부문 238군데를 제외한 민간 부문 156군데 관련 자료를 수집하였으며, 이 가운데 123군데 업체는 시설용량, 자본금, 기계장치, 매출액 등 자료가 매우 미비하여 분석대상에서 제외하고 최종적으로 전국 33군데의 민간 업체를 분석대상으로 선정하였다.

Table 2 EnPAS : Efficirncy and Mangement Performacne Results of BCC Model

[Unit : Ton, Million / Year]

DMU # Facility	Facility capacity	Capital stock	A mechanical device	Sales	Remarks		
	Ton/Year	million/Year	million/Year	million/Year	CRS	VRS	RTS
1	25,550	220	6,074	21,622	1.0	1.0	CRS
2	34,675	2,400	17,114	17,509	0.7841	0.7843	IRS
3	54,750	100	3,628	12,043	1.0	1.0	CRS
4	65,700	500	3,811	5,998	0.7484	0.7496	DRS
5	114,975	275	9,030	9,468	0.8669	1	DRS
6	92,345	200	2,744	8,902	0.6682	0.7904	DRS
7	73,000	500	1,453	7,392	0.6046	0.8163	DRS
8	21,900	1,296	99	5,779	1.0	1.0	CRS
9	54,750	500	1,845	8,907	0.7516	0.9074	DRS
10	98,550	540	4,282	5,985	0.3453	0.3455	IRS
11	189,800	500	1,324	5,155	0.8779	1.0	DRS
12	69,350	75	1,995	5,732	0.735	0.7918	IRS
13	109,500	70	526	5,008	1.0	1.0	CRS
14	21,900	300	4,002	4,475	0.5715	0.5918	IRS
15	73,000	14,291	10,499	3,786	0.7167	0.7167	IRS
16	14,600	100	1,007	3,527	0.9491	1.0	IRS
17	29,200	132	60	3,091	1.0	1.0	CRS
18	30,660	50	482	2,922	1.0	1.0	CRS
19	18,250	300	3,867	3,721	0.8683	0.8837	IRS
20	73,000	750	8,031	4,438	0.922	0.9806	DRS
21	29,200	100	224	2,753	0.9146	0.9968	IRS
22	32,850	300	241	2,266	1.0	1.0	CRS
23	10,950	300	1,980	2,276	0.8097	0.9449	IRS
24	10,950	100	1,642	3,114	0.8201	1.0	IRS
25	9,125	400	2,336	1,986	0.9966	1.0	IRS
26	36,500	100	903	3,324	0.6764	0.7208	IRS
27	15,330	190	705	1,910	0.7349	1.0	IRS
28	32,850	800	1,277	2,959	0.6849	0.6988	IRS
29	35,770	1,615	749	2,129	0.9296	0.9362	DRS
30	35,770	42	78	1,260	1.0	1.0	CRS
31	18,250	1,126	197	2,109	0.865	1	IRS
32	4,380	100	3,963	5,650	1.0	1.0	CRS
33	54,750	10	839	1,221	1.0	1.0	CRS

4.3 효율성 및 경영성과 분석

분석에 사용된 산출물과 투입물에 관한 자료들은 환경부에서 발표한 음식물류 폐기물 자원업체 현황과 기업정보 및 한국기업데이터(주)크레딧 등에서 수집하였으며, 33군데 음식물류 폐기물 자원화 민간 시설물에 관하여 투입지향(BCC)모형을 사용하여 측정한 결과는 ‘Table 2’와 같다. 여기서 CRS(Constant Return to Scale)는 규모에 대한 불변수익을 말하며 기업이 최적의 규모에서 생산할 때 적용한다. 또한 VRS(Variable Return to Scale)는 규모에 대한 가변수익을 말하며 규모의 비효율이 존재할 때 규모의 비효율을 제외한 순수기술효율성 계산을 가능하도록 할 수 있다.

현실에서는 불완전 경쟁이나 금융 제약 등 규모의 비효율이 존재하므로 VRS(Variable Return to Scale)사용하는 것이 생산 기술성 측면에서 현실적이라고 할 수 있다. 규모수익은 IRS(Increasing Return to Scale)와 DRS(Decreasing Return to Scale)로 나뉘는데 IRS는 규모수익체증을 의미한다. 효율성 및 경영성과를 상승시킬 수 있는 VRS(Variable Return to Scale)지수가 1.0에 가까울수록 DMU는 효율적인 시설을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

상세 분석 ‘Table 2’ 음식물류 폐기물 자원화 시설인 민간 업체인 DMU #1, DMU #3, DMU #5, DMU #8, DMU #11, DMU #13, DMU #16, DMU #17, DMU #18, DMU #22, DMU #24, DMU #25, DMU #27, DMU #30, DMU #31, DMU #32, DMU #33, 17군데 업체 시설이 효율성 1.0으로 가장 효율성 및 경영성과가 좋은 규모의 크기로 운영되고 있는 것으로 나타났으며, 가장 비효율적인 시설물은 DMU #10, DMU #14, DMU #28, 순으로 그 뒤를 따르고 있다. 규모수익 측면에서 살펴보면 불변규모수익(CRS)가 10군데 업체 시설물들이 가장 생산적 규모라 할 수 있다. 반대로 체증규모수익(IRS)는 15군데 업체로 나타났다. 이 업체들은 투입량을 증대함으로써 효율성 및 경영성과를 향상시킬 수 있는 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다.

4.4 SPSS 비모수 검정

연구자의 DEA 분석 결과 VRS 값이 1.0에 가까운 시설용량의 유의확률을 SPSS 비모수 검정하였으며, 결과는 ‘Table 3’ 아래와 같다.

Table 3 Hypothesis Test Summary

Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
The distribution of VRS is the same across categories of Group_Facility_capacity.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.003	Reject the null hypothesis

Asymptotic significances are displayed.
The significance level is .05.

4.5 SPSS 회귀분석 결과

‘Table 4’ 본 연구에서 중요한 검정이 필요한 요소를 회귀분석으로 분석한 결과는 ANOVA 유의확률 0.000으로 유의성을 가진다고 할 수 있으며, Coefficients 유의확률 시설용량 0.002 효율적 경영성과에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 4 Anova and Coefficients

Anova Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1.354	3	.451	10.501	.000
Residual	1.246	29	.043		
Total	2.600	32			

Coefficients Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.016	.062		16.378	.000
Facility_capacity	-3.12	.000	-.432	-3.323	.002
Capital_stock	-2.49	.000	-.216	-1.488	.147
A_mechanical_device	-2.09	.000	-.380	-2.607	.014

5. 결 론

본 연구는 국민 소득수준이 향상되고 주택의 도시화 및 빠른 경제속도가 주거생활 속 음식물 쓰레기양의 증가를 지연시키고자 쓰레기 종량제가 시행되었으며, 이에 음식물류 폐기물 자원화 사업의 효율적인 운영·경영에 미치는 중요한 요소가 무엇인지를 측정하고자 국내 (現)사업을 영위중인 33군데 업체를 대상으로 시설용량, 자본금, 기계장치, 매출액을 “자료포락분석” DEA 모형을 활용하여 분석하였다. 상기 업체들의 규모수익성 측면에서의 결과는 불변규모수익 (CRS)가 10군데, 반대로 체증규모수익(IRS)는 15군데 업체로 확인되었으며, 시설용량이 클수록 경영성과 매출액에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 향후 동종 업계 진입 시 시설용량 R&D(Research and Development)에 더 많은 투자를 함으로써 경영성과를 향상시킬 것으로 예상된다.

그러나 DEA모형에서 투입물과 산출물의 요소에 따라 평가값이 달라질 수 있기 때문에 본 연구의 결과가 절대적인 것은 아니라는 한계점이 있다.

References

- Aigner, D.J., C.A. K. Lovell, and P. Schmidt, “Formulation and estimation of stochastic frontier production models,” *Journal of Econometrics*, Vol.6(1977), pp.21-37.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper W.W.(1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- Charnes, A, Cooper, W.W. and Rhodes, E .(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *Efficiency of Decision Making Units*, “*European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp 429-444.
- Choi Hoon-geun (2004), “Dimensionalization of reduction in food and logistics waste sources”, *Organic Society. Journal of Organic Sexuality*, Vol. 12, No. 4 pp. 14-30.
- Choong-ik Choi, Misook Kim (2008), “Analysis of effectiveness of public sports facilities using DEA.” 『*National Land Planning and Land Planning*』, Vol. 43, No. 3, pp. 275-288.
- Dae-Hwan Kim, Jong-Beom Moon, Wang-Jin Yoo, and Dong-Myeong Lee (2010), “Analysis of Efficiency of Food Waste Recycling Facility Using DEA”, *Journal of Quality Management*. 33, No. 2, pp. 13-219.
- Im Gon Cho (2001), “Analysis of the efficiency of a cleaning organization using data envelope analysis (DEA),” 『*The Journal of Urban Administration*』, Vol. 14, No. 2, pp. 117-141.
- Kim Doo-hwan (2005), “Food Ulryu Waste Management Policy and Future Improvement Tasks”. 『*Organic Resources*』, Vol. 13, No. 2, pp. 11-16.
- Kyung-Jun Yoon (2005), “Step-by-step derivation of benchmarking information for public organizations through DEA,” 『*Korean Journal of Public Administration*』, vol. 39, No. 2, pp. 233-262.
- Ministry of Environment (2005). Food waste statistical information system development
- Park Jeong-hoe (2010), 『*A Study on the Efficiency Analysis and Improvement Plan of Local Industrial Technology Development Projects Using DEA*』, Konkuk University Graduate School, Ph.D. thesis.
- Rutgers(2002), “Food waste management”, Food Policy Institute of the State University of New Jersey.
- Seon-ae Kim (2005), “Evaluation of Public Library Efficiency Using DEA: Focusing on Information Service Activities,” *Journal of the Korean Literature and Information Society*, Vol. 39, No. 1, pp. 221-239.

Seong-Han Cho and Dong-Jin Park (2009),
“Analysis of Management Efficiency of
National University Libraries Using DEA
Ratio,” 「Proceedings of Journal of the
Korean Library and Information Society」,
pp. 253-279.

Shim Kwang-shik Kim Jae-yun (2009),
“DEA-AR/AI-IP Model Design for Subway
Efficiency Evaluation,” Journal of the
Korean Management Science Association,
Vol. 34, No. 3, pp 105-124.

Shim Kwang-sik and Kim Jae-yun (2009),
“DEA-AR/AI-IP Model Design for Subway
Efficiency Evaluation,” Journal of the
Korean Society of Management Science,
Vol. 34, No. 3, pp 105-124.

Young-Dae Jeong (2005), 「Collection and
treatment of food waste」, National Institute
of Environment.



정 일 선 (IlSeon Jeong)

- 종신회원
- 인천대학교 경영학과 박사과정
- 관심분야: 경영정보 일반,
마케팅전략, 소비자행동



김 영 균 (Youngkyun Kim)

- 종신회원
- 1989 인디애나 주립대
경영학과(졸업)
- 1991 인디애나 주립대
경영학 석사(MBA)
- 2002 인하대학교 Ph. D.
- 2006 ~ 현재, 국립인천대학교 경영학부 교수
- 관심분야: 소비자행동, MIS, 지식경영, BSC,
경영혁신