「지방정부연구」 제23권 제2호(2019 여름): 245-270
The Korean Journal of Local Government Studies, Vol.23 No.2 (2019 Summer)
http://dx.doi.org/10.20484/klog.23.2.12

환경행정 서비스의 상대적 효율성 및 생산성 분석: 16개 광역시도의 생활폐기물 관리를 중심으로

정 재 명

국문요약

본 연구에서는 16개 광역시도의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)에 대한 효율성을 DEA 모형과 초효율성(Super-Efficiency Measures: SEM)기법을 활용하여 2017년 단년도의 효율성을 측정하였으며, 2008년부터 2017년까지의 MPI 변화율 분석을 실시하였다. 그 결과, CCR모형의 기술효율성 전체평균은 78.2%로 나타났으며 16개 광역시도 중 6개의 지자체가 효율적인 것으로 분석되었으며, 10개 지자체가 비효율적인 것으로 조사되었다. SEM분석에서는 서울시의 효율성이 월등히 높게 나타났다. 전체적인 규모효율성은 상당히 낮게 나타났으며, 전체적인 비효율성의 주요 원인은 규모효율성에 기인하는 것으로 나타났다. MPI 변화율에서는 연평균 3.16%정도의 생산성 감소가 일어났으며, MPI 감소의 주요 원인은 순기술효율성의 감소에 있었다. MPI는 부산, 서울, 인천, 전남, 전북 등 5개 광역시도에서 증가가 있었다. 효율성이 평균이상이면서 시간의 변화에 따라 MPI가 증가한 곳은 서울시 한 곳 뿐이었으며, 비효율성을 개선시킬 수 있는 방법은 쓰레기 처리 서비스의 규모를 증대시키는 것으로 나타났다.

주제어: 환경행정, 생활폐기물, 자료포락분석, SEM, MPI

Ⅰ. 서론

1991년 지방의회의 구성에 이어 1995년 선출직 민선지방자치 단체장이 취임하면서 우리나라 지방자치는 본격적으로 시행되었고 그로부터 만 24년의 세월이 흘렀다. 그 동안 지방자치와 관련되어 행정적으로나 기술적으로 많은 양적·질적 변화들이 이어져 왔었다. 때로는 발전적인 모습으로, 또 때로는 퇴행적인 모습으로 많은 지역주민들의 지탄의 대상이 되기도 했다. 다만 이러한 변화속에서도 변함없이 중요한 모습을 띠고 있는 것이 가장 직접적으로 지역 주민들의 생활과 밀접하며 필수불가결한 지방자치단체의 핵심업무 중 하나인 생활폐기물(생활쓰레기)에 대한 관리이다. 생활폐기물 관리는 지방자치제의 실시와 더불어 그 권한이 중앙정부 및 임명직 단체장에서 민선 지방자치단체장에게로 이관된 일과 행정개혁의 일환으로 신자유주의 흐름에 기초한 신공공관리론(New Public Management, NPM)적 제도들의 도입이 맞물려 새로운 국면들을 맞이해 왔다. 즉, 민간위탁을 하기에 가장 적합한 업무, 부언하자면 지방자치단체들이 효율성을 추구하기에 가장

손쉽게 보이며, 본질적인 업무로써 화폐단위로 측정가능하며 단순 기술적인 분야로 손꼽혀 일찍이 민간기업에 위탁되는 경우들이 많았다. 그러나 지방자치와 분권, 민영화 등이 과연 주민들의 필수 서비스인 폐기물 처리서비스와 같은 분야에서도 효율성을 높일 수 있을지에 대해 회의적인 시각도 많은 것이 사실이다(강은숙·김종석, 2008). 실질적인 측면에서 보자면 지자체의 행정서비스를 처리하는 결과는 주민 개개인의 생활에 직접적 영향을 미치기 때문에 그 중요성이 크며, 생활폐기물 관리 업무와 같은 필수업무는 지방자치와 일선행정의 가장 본질적이며 기본적인 업무로써 이러한 서비스가 효율적으로 운영되고 있는지를 평가해 보는 것은 실질적 지방자치와 관련해서 대단히 의미 있는 일이라고 할 수 있다. 이에 본 연구는 지방자치제의 시행 이후의 지방단체장들이 쏟아낸 폐기물 처리서비스와 관련한 각종 정책과 정보화, 또 민간위탁 등의 여러 일련의 과정을 거쳐오면서 과연 '전반적인 효율성은 어떻게 변했을까?'에 의문부호를 던지고 이를 평가해 보고자 한다. 지금까지 생활폐기물 서비스와 관련되어 수행된 대부분의 연구들은 민간위탁 시행 이전과 이후, 혹은 지방자치 시행 이전과 이후로 나눠 그 단순하게 효율성 차이를 측정하고 그 영향요인을 추적해 보는데 초점을 맞춰왔다. 그러나 이미 그러한 연구는 90년대 중반부터 지속적으로 진행되어 오고 있어 본 연구에서는 약간 다른 방향에서 접근하고자 한다. 즉, 광역자치단체들의 생활쓰레기 관리에 있어서의 효율성과 시기의 변화에 따른 생산성의 변화를 세밀하고 중점적으로 분석해 보고자 한다. 이를 통해 광역자치단체의 환경행정 서비스(생활쓰레기 관리)가 어느 정도 효율적으로 이루어지고 있는가를 평가해 보고자 한다.

본 연구에서는 먼저, 16개 광역시도들의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)에 대한 상대적 효율성을 CCR모형을 활용해 측정하고, 이어서 기존 자료포락분석(Data Envelope Analysis, DEA) 모형이 갖는 한계성인 효율성이 1인 측정치들, 즉 효율적으로 평가된 측정치들 간의 구별성을 위해 초효율성(Super-Efficiency Measures, SEM)을 활용해 기존 DEA 모형과 그 결과를 비교해 보고자 한다. 또한 SEM 기법으로 효율성을 기술효율성 및 순기술효율성, 규모효율성으로 세분화해 이를 세부적으로 측정해 각 지자체의 최적운용에 대한 효율성 수치와 지자체 생활폐기물 관리의 규모를 체계적으로 제시하고자 한다. 다음으로, 2008년부터 2017년까지의 10년간 3기 동안의 생산성 및 그 구성요소인 순기술효율성 변화, 기술변화, 규모효율성 변화율까지 모두 측정해 제시하고자 한다. 이에 본 연구의 목적은 초효율성 기법(SEM)을 이용하여 CCR모형과 BCC모형[1]을 활용한 상대적 효율성 측정을 통해 보다 정확한 효율성과 규모수익 등에 대한 2017년도의 정태적 효율성 측정을 행하며, Malmquist Productivity Index(MPI)의 변화율을 활용함으로써 10년간의 생산성 변화율까지 측정해 이의 연계분석을 실시해 그 결과를 제시하고 광역자치단체 생활폐기물 관리에 있어 보다 더 효율적인 운영을 하도록 좋은 평가정보를 제공하는데 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저, 제2절에서 지방자치단체의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리) 의의 및 내용을 고찰하고, 효율성을 분석 할 측정방법 및 모형(SEM, MPI)들에 대한 설명과 선행연구에 대한 고찰을 제시하며, 제3절에서는 본 연구의 분석대상 및 분석방법, 변수선정 방법

1) CCR모형은 1978년 Charnes, Cooper, & Rhodes에 의해 개발된 모형이며, 1984년 Banker, Charnes, & Cooper에 의해 개발된 모형은 각각 개발자들의 이름을 따 CCR, BCC모형이라 불린다.

을 설명하고, 제4절에서는 16개 광역시도 환경행정 서비스의 효율성 및 MPI에 대한 측정결과와 그의 연계성에 대한 결과를 제시하며, 제5절에서는 결론 및 시사점을 제시한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 지방정부 환경행정서비스(생활폐기물 관리)의 관리

1) 환경행정서비스(생활폐기물 관리)의 관리 체계

「폐기물 관리법」 제2조에 따르면 "폐기물이란 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알칼리 및 동물의 사체 등으로서 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질을 말한다"고 정의하고 있다. 즉, 더 이상 인간에게 필요성이 존재하지 않아 처분(매립, 소각 등)해야 만하는 물질들을 일컫는 말이 폐기물(쓰레기)이다. 이러한 폐기물을 분류하는 체계가 1995년 이전까지는 일반폐기물과 특정폐기물로 분류되어 왔으나 1995년 폐기물 관리법이 개정되면서 일반폐기물은 생활폐기물과 사업장폐기물로 구분되고, 특정폐기물은 지정폐기물 이란 이름으로 변경되었다. 이들 중 생활폐기물은 가정에서 나오는 폐기물(생활쓰레기)과 사업장에서 나오는 사업장생활계폐기물을 합한 것이다. 생활폐기물의 수거·운반·처리는 자치단체의 고유 업무에 해당하나, 사업장 폐기물은 기본적으로 배출자 처리원칙에 따르고 있어 환경부령과 대통령령에서 정하는 바에 따라 사업자가 직접 처리하여야만 하며, 그 관리감독권한은 당해 지방자치단체에 있다(폐기물관리법 제13조, 17조).

〈표 1〉 폐기물 분류

대분류	소분류	내용
생활폐기물	생활폐기물	-사업장폐기물 이외의 폐기물로 가정 등에서 발생되는 폐기물 -가정에서 일련의 개보수 공사·작업등으로 인하여 5톤 미만으로 발생되는 폐기물
	사업장생활계 폐기물	-폐기물관리법 시행령 제2조 제7호 및 제9호 규정에 의한 사업장에서 발생되는 폐기물 -폐기물관리법 제2조 제3호와 같은 법 시행령 제2조 제1호 내지 제5호 사업장에서 배출시설 등의 운영에 관계되지 아니한 폐기물
사업장폐기물	사업장배출시 설계폐기물	-배출시설의 설치·운영과 관련하여 배출되는 사업장일반폐기물로 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제48조 제1항의 규정에 의한 폐수종말처리시설, 하수도법 제11조 제4항의 규정에 의한 공공하수처리시설, 하수도법 제2조 제10항의 규정에 의한 분뇨처리시설, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제24조의 규정에 의한 공공처리시설, 폐기물관리법 제29조제2항의 규정에 의한 폐기물처리시설에서 발생되는 폐기물을 포함
	건설폐기물	건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 제2조에 의해 건설산업기본법 제2조 제4호의 규정에 의한 건설공사로 인하여 발생되는 5톤 이상의 폐기물
	지정폐기물	-사업장 폐기물 중 폐유, 폐산 등 폐기물 -인체적출물 및 감염의 우려가 있는 폐기물

출처: 환경부(2017), 『폐기물 통계』 재구성

생활계폐기물(생활쓰레기)는 그 처리방법에 있어 매립과 소각, 재활용[2] 등으로 나눌 수 있고 그 변화 추이는 다음과 같다. 환경부 통계에 따르면 전국 생활계폐기물의 재활용률은 '12년에 비해 '17년에는 2.5% 증가한 것으로 나타난 반면 소각률은 큰 변화를 보여주지 못하고 있고, 매립률은 '12년에 비해 '17년도에는 2.4%가 줄어들었다. 전반적으로 빠르지는 않지만 생활쓰레기를 처리하는 방법은 오염원을 많이 배출하는 매립이 줄어들고 있고, 친환경적인 처리방법인 재활용이 늘어나는 추세이다.

2017년도의 생활폐기물 관련 통계를 보면, 생활계폐기물의 처리주체별 처리 현황은 자치단체 64.9%, 처리업체 34.5%, 자가처리는 0.6%로 자치단체가 직접 처리하는 경우가 무려 65%에 이르렀다.

〈표 2〉 생활계폐기물의 처리방법 변화 추이

(단위: 톤/일)

구분	'12		-'13		'14		'15		'16		'17	
		%		%		%		%		%		%
계	48,990	100	48,728	100	49,915	100	51,247	100	53,772	100	53,490	100
매립	7,778	15.9	7,613	15.6	7,813	15.7	7,719	15.1	7,909	14.7	7,240	13.5
소각	12,261	25.0	12.331	25.3	12,648	25.3	13,176	25.7	13,610	25.3	13,318	24.9
재활용	28,951	59.1	28,784	59.1	29,454	59.0	30,352	59.2	32,253	60	32,932	61.6

출처: 환경부(2017), 『폐기물 통계』

폐기물관리법 제4조(국가와 지방자치단체의 책무)에 따르면, 주무 부처인 환경부는 폐기물 관리 전반에 대한 기본계획을 수립하고 지방정부의 폐기물 처리시설에 대한 기술적·재정적 지원을 하는 업무를 맡고 있다. 동법에 따르면 광역자치단체는 관할 기초자치단체의 생활폐기물 처리사업에 대한 조정역할을 담당하도록 하고 있으며, 기초자치단체는 직접 생활폐기물의 수집·운반·처리 등 일련의 서비스를 제공하도록 그 책무가 주어져 있다. 폐기물 관리법에서는 폐기물 처리업에 관한 허가권자는 시·도의 지사로 지정이 되어 있으나 실질적으로는 지방자치법 제104조와 지방자치단체 위임조례에 근거하여 그 권한이 시장·군수·구청장에게 위임되어 있어 이와 관련한 민간위탁방식을 적용하든, 직영으로 운영하든 그 권한은 기초자치단체장에게 있다고 볼 수 있다.

2) 지방정부 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)의 효율성 및 생산성 측정 필요성

지방정부의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)의 효율성을 측정하는 것은 지방정부의 최종결과물을 통해 투입 및 산출물의 관계성을 규명하는 과정으로 이해 가능하며, 이는 여러 측면에서 그 필요성이 제기된다(박기관, 2001: 67; 고승희, 2007: 211)

먼저, 효율성 측정을 통해 지방정부 생활폐기물 처리 능력에 대한 평가가 가능하고 관련 서비스

2) 폐기물 관리방식의 우선순위는 원천적 발생억제, 재이용, 재활용, 에너지회수, 소각, 매립의 순으로 기본원칙을 정하고 있으며, 이들 중 발생억제에서 에너지 회수까지를 '폐기물최소화'라고 일컫는다(고승희, 2007: 212).

의 효율성 증대에 기여할 수 있다. 즉 효율성 측정결과를 통해 지방자치단체의 쓰레기 처리 서비스의 산출에 있어서 어느 정도 효율적으로 운영되고 있는지를 평가 할 수 있으며, 이는 지방정부 운영능력과 관리능력에 대한 책임성 확보 기준으로 작용해 생활폐기물 관리 서비스의 효율성 증대에 기여하는 역할이 가능하다.

둘째, 효율성 측정을 통해 각 지방자치단체의 행정책임성을 제고시킬 수 있는 근거가 된다.생활폐기물 처리 서비스의 효율성 측정결과는 지역주민들에게 알 권리를 충족시켜주는 역할을 하며, 주민에 대한 외부적 책임성을 확보하는 기준으로 작용 할수 있다(박기관, 2001: 67).

셋째, 효율성 측정결과는 지자체 단체장과 그 관리자들의 의사결정에 있어서 중요한 정보 및 자료로써 활용되기 때문에 지자체의 의사결정의 질을 높여주는 역할을 할 수 있다. 즉 생활폐기물과 관련되어 본인들에 의해 이루어졌던 다양한 의사결정들[3]의 결과물들에 대한 외부의 평가는 앞으로 있을 유사한 의사결정에 중요한 정보원의 역할을 할 수 있다.

넷째, 효율성 측정결과는 승진과 인센티브 부여 등 인사행정의 중요한 기준이 될 수 있다(고승희, 2007). 생활폐기물 관리 서비스에 대한 효율성 측정은 산출의 객관적 수치에 의해 측정하는 것이므로 이는 교육훈련 수요나 인사 상 인센티브 부여, 승진 등에 활용 가능하다(박기관, 2001).

다섯째, 효율성 측정을 통해 생활폐기물 처리 서비스에 대한 목표설정이 가능해진다(고승희, 2007). 지방정부 효율성 측정은 산출물에 대한 측정을 하고, 이를 통해 투입과 산출에 대한 목표량을 결정하는데 중요한 자료원으로 활용할 수 있다.

여섯째, 효율성 측정은 생활폐기물 처리와 관련된 예산편성 및 운용방식의 우선순위 도출에 도움을 줄 수 있다(고승희, 2007). 즉, 생활폐기물 처리와 관련된 효율성 측정은 예산 배정의 타당성을 입증하고 서로 다른 수준의 노력이 투입되었을 때 어느 정도의 비용이 들어가는 지를 예측하는데 중요한 정보를 제공해 예산의 우선순위 도출에 중요한 자료로 활용 가능하다.

2. 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)의 효율성 및 생산성 변이 측정 방법

1) 환경행정 서비스 효율성 측정방법으로서 초효율성(Super-Efficiency Measures, SEM)

일반적으로 효율성은 투입대비 산출의 비율을 말하며, 특히 최소비용으로 최대효과를 달성하는 것을 의미한다. 효율성에는 절대효율성과 상대효율성이 존재하는데, 절대효율성은 투입대비 산출을 기계적으로 측정해 그 결과를 효율성을 측정하는 기준으로 삼는 것을 말한다. 다만 공공부문에서는 특성 상 절대효율성을 측정하기 어려운 재화들, 즉 시장적 가치를 매기기 어려운 재화들이 많아 이를 절대효율성의 의미에서 측정치들의 효율성 값을 측정하기 난해한 것이 사실이다(이정동·오동현, 2012). 절대효율성의 의미에서 효율성을 측정하기 어려운 경우에는 유사한 분야(투입물과 산출물의 유사도가 높은 경우)의 다른 측정치들과 비교해서 효율성 값을 측정할 수 있는데

3) 예를 들면, 쓰레기 수거 업무를 민간에 위탁할지 아니면 직영으로 운영할 지에 대한 지자체의 의사결정 등은 그에 따른 산출결과에 대해 결국 외부에서 객관적으로 효율성을 측정해 제시해줬을 때 본인들의 선택의 결과가 지자체 자체의 경영에 어떤 영향을 미쳤는지에 대해 들여다 볼 수 있게 된다.

이것을 상대적 효율성이라 한다. 이러한 유사한 측정치들 간 상대적 효율성을 측정하기 위해 개발된 모형이 자료포락분석(Data Envelope Analysis, DEA)[4]인데 특히 다투입 다산출이 가능한 구조에서의 효율성을 측정가능하기 때문에 공공부문의 효율성을 측정하기 위해서 많이 활용되고 있다.

그러나 전통적 자료포락분석은 효율성이 1로 판명됨으로써 효율적이라고 평가되어지는 측정치들 간의 격차를 설명하지 못하는 식별력의 문제를 나타냄으로써 최근에 이를 개선한 개선모델들이 속속 등장하고 있다. 특히 효율성이 1인 측정치들이 많을 시 이들 사이의 효율성 격차에 대한 설명력이 부재하는 문제를 낳게 된다. 바로 이러한 식별력의 문제를 개선하기 위해 개발된 모형이 초효율성 모형(Super-Efficiency Measures, SEM)이다.

식별력의 문제를 해결하는 방법은 DEA 모형에서 효율적인 것으로 간주된 관측치들 중 초효율성 값을 구하고자 하는 관측치를 배제하고 생산가능집합을 재구성해 새로운 생산변경을 생성시킨 다음 기존의 생산변경과 새로운 생산변경간의 차이를 측정하면, 그 격차가 구하고자 하는 관측치의 초효율성 수치가 된다(Anderson & Peterson, 1993). 다만 이 경우에 기존 CCR모형에서 비효율성을 나타냈던 측정치들의 효율성 값은 동일하기 때문에 다시 측정할 필요성이 없으며, 단지 효율

---

4) 자료포락분석(DEA)는 크게 투입기준(input based)과 산출기준(output based)의 지향성에 따라 투입기준 CCR, 혹은 BCC모형과 산출기준 CCR, BCC모형으로 구분된다. 투입기준 모형은 산출의 수준을 고정시키고 투입을 최대한 줄이는 것이며, 산출기준 모형은 투입은 고정시킨 채 산출을 최대한 늘리는 모형을 말한다. 본 연구에서는 투입중심의 모형을 이용하여 효율치를 측정한다. 이에 대한 공식은 다음과 같다.

$$\theta^{k*} = \max_{\theta,\lambda,s^-,s^+} \theta^k + \epsilon\left(\sum_{m=1}^{M} s_m^- + \sum_{n=1}^{N} s_n^+\right) \qquad (1)$$

s.t.

$$\theta^k x_m^k = \sum_{j=1}^{J} x_m^j \lambda^j + s_m^- \ (m = 1,2,\ldots,M);$$

$$y_n^k \lambda^j = \sum_{j=1}^{J} y_n^j \lambda^j - s_n^+ \ (n = 1,2,\ldots,N);$$

$$\lambda^j \geq 0 \ (j = 1,2,\ldots,J);$$

$$s_m^- \geq 0 \ (m = 1,2,\ldots,M);$$

$$s_n^+ \geq 0 \ (n = 1,2,\ldots,N)$$

식(1)에서 θ^{K*}는 DMU k의 효율성이며, λ^j는 각 의사결정단위(DMU, Decision Making Units)들에 대해 계산되는 가중치로 DEA모형에서 그 값이 결정되며, s_m^-은 투입요소들의 여유분(slack)이며, s_n^+은 산출요소들의 여유분이다. 위의 식(1)은 투입중심모형을 설명하는 수식이므로 k번째 DMU의 효율성 정도는 산출을 고정시킨 채 투입을 최소로 줄일 수 있는 비율로서 표현된다. 위 식에서 θ^{K*}가 1이면 상대적으로 기술효율적인 DMU로 간주되고, 1보다 작은 값이면 낭비적 요소가 있는 비효율적인 DMU로 평가된다. VRS모형은 CCR모형의 수식인 식 (1)의 제약식에 λ^j=1의 조건을 추가하면 VRS모형의 가변규모수익 조건을 만족하게 된다. 즉, 가중치의 합이 1이라는 제약이 사라짐으로써 $\lambda^j \leq 1$이라는 조건이 제시되면 불변규모수익과 규모수익체감(DRS: Decreasing Returns to Scale)만이 나타나며, $\lambda^j \geq 1$ 조건이 추가되면 DMU와 그 조합의 확대는 가능하나 축소는 허용되지 않으므로 규모수익체증(IRS: Increasing Returns to Scale)의 특성이 나타나게 된다.

적으로 평가되었던 측정치들만 다시 평가되어지며 이들 간의 우선순위[5]가 정해진다(이정동·오동현, 2012). 초효율성을 계산하기 위한 투입기준 CCR 모형은 아래의 식(1)과 같다.

$$\theta^* = \max_{\theta,\lambda,s^-,s^+} \theta - \epsilon\left(\sum_{m=1}^{M} s_m^- + \sum_{n=1}^{N} s_n^+\right) \quad (2)$$

subject to

$$\theta^k x_m^k = \sum_{j=1, j\neq k}^{J} x_m^j \lambda_j + s_m^- \ (m = 1, 2, \ldots, M);$$

$$y_n^k = \sum_{j=1, j\neq k}^{J} y_n^j \lambda_j - s_n^+ \ (n = 1, 2, \ldots, N);$$

$$\lambda^j \geq 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, J, j \neq k)$$

위의 식(1)에서 x^k는 관측치 k의 m차원 투입요소벡터이고 y^k는 n차원의 산출요소벡터이다. θ^k는 관측치 k의 효율성이며, λ^j는 각 DMU들에 대해 계산되는 가중치를 나타낸다(이정동·오동현, 2012). 그리고 ϵ는 non-Archimedean 상수이며, 또한 초효율성 모형은 효율성 값의 상한선이 없으므로 1이상의 효율성 값을 가질 수 있다(이정동·오동현, 2012).

2) 생산성 변화 측정 방법으로서 Malmquist 생산성지수 분석

생산성(productivity)는 투입대비 산출의 값을 의미하며 기술변화, 산출물의 질, 효과성 개념까지 포함하고 있어 효율성보다는 좀 더 포괄적이라고 할 수 있다. 이러한 생산성을 시간의 변화에 따라 그 변이를 측정하는 것을 생산성 변화분석(Productivity growth analysis)라고 한다. 즉, 이전시점의 생산성과 현시점의 생산성을 비율로 나누어 계산함으로써 생산성 변화를 측정하는 것이 생산성 변화분석인데 이를 DEA를 활용해 측정하는 방법이 Malmquist 생산성 변화지수(Malmquist Productivity Growth Index, MPI)이다. MPI는 기술효율성 변화, 기술변화, 순기술효율성 변화, 규모의 변화 등의 세부 구성요소로 형성되어 있어 지수를 분해하면 그 구성요소들 각각의 변화율 분석이 가능함으로 생산성을 구성하고 있는 각각의 세부사항별로 변이를 추적할 수 있다는 장점이 있다.

MPI는 시간의 변화에 따른 생산성의 변이를 나타내주는 지수로 이전시점(t기)과 현시점(t+1기)의 생산성 비율을 의미한다. 이에 대한 MPI 식은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다(이정동·오동현, 2012).

$$M(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[\left(\frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})|CRS}{D_t(x_t, y_t)|CRS}\right) \times \left(\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})|CRS}{D_{t+1}(x_t, y_t)|CRS}\right)\right]^{1/2} \quad (3)$$

5) 특정 관측점이 분석에서 배제되었을 때 다른 관측점들의 효율성 변화 정도를 관측할 수 있기 때문에 특정 관측점의 영향력이 파악될 수 있으며, 초효율성 값이 클수록 생산변경을 결정짓는 영향력은 더 크고 더 효율적이다라고 말할 수 있다.

식(3)에서 $D_t(x_{t+1}, y_{t+1})$은 t+1기의 생산활동을 t기의 생산가능집합과 비교하여 측정되는 거리를 나타내며, $D_t(x_t, y_t)$는 t기 생산활동의 거리함수를 t기의 생산가능집합을 기준으로 측정한 것이다(이정동·오동현, 2012). 이 경우 MPI가 1보다 크면 t기에 비해 t+1기의 생산성의 증가를 의미하는 반면, 1보다 작으면 생산성의 감소를 나타낸다. 식(3)에서 $\frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)}$은 t기에서의 생산성 변화를 나타내며, $\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)}$의 부분은 t+1기에서의 생산성 변화를 평가하는 것이다. 그러나 다수재가 존재하는 복잡한 상황에서는 진정한 생산성 지수를 알 수 없기 때문에 각 기를 기준으로 구해진 MPI를 기하평균해 사용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있으며, 식(3)은 MPI의 기하평균이다(이정동·오동현, 2012).

식(4)는 식(3)에서 정의된 산출기준 기하평균 MPI의 분해식이다. 즉, MPI는 효율성 변화(rate of efficiency change, EC)와 기술 변화율(rate of technical change, TC)로 분해가 가능하다.

$$M(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|CRS)}{D_t(x_t, y_t|CRS)} \times \left[\frac{D_t(x_t, y_t|CRS)}{D_{t+1}(x_t, y_t|CRS)} \times \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1}|CRS)}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|CRS)}\right]^{1/2} \quad (4)$$

=EC(효율성 변화) × TC(기술변화)

위의 식(4)에서 $\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)}$는 효율성 변화(EC)를 나타낸다. 즉, t기와 t+1기 사이의 기술적 효율성의 변화를 나타내며, 효율성 변화가 1보다 큰 경우(EC〉1)는 효율성이 높아진 경우이며 최대효율성을 발휘하는 생산자와 유사해졌다는 것을 의미한다. 반면 효율성 변화가 1보다 작은 경우(EC〈1)는 효율성이 낮아졌다는 것을 나타낸다. 또한 $\frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}$는 t기와 t+1기 사이의 기술변화(TC)를 측정하는 것이며, 1보다 큰 효율성 지수(TC〉1)은 t기와 t+1기 사이에 기술진보가 일어났다는 것을 의미하며, 1보다 작은 효율성 지수(TC〈1)은 같은 시기 기술퇴보가 나타났다는 것을 의미한다.

위의 식(4)는 CRS(규모수익불변)을 중심으로 한 수식이므로 VRS(규모수익가변)으로 전환이 가능하다. 아래 수식(5)는 총효율성 변화를 순기술효율성(Pure Technical Efficiency, PTE) 변화와 규모효율성(Scale Efficiency, SE) 변화로의 내용을 설명한 것이다.

$$\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|CRS)}{D_t(x_t, y_t|CRS)} \tag{5}$$
$$= \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|VRS)}{D_t(x_t, y_t|VRS)} \times \left[\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|VRS)}{D_t(x_t, y_t|CRS)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}|VRS)}{D_t(x_t, y_t|CRS)} \right]$$

=순수 기술효율성 변화(PTE) × 규모효율성 변화(SE)

위의 수식(5)에서 t기와 t+1기의 기술적 순효율성과 규모효율성 변화 역시 1보다 큰 경우 기술적인 측면에서의 PTE와 규모적 측면에서 t기와 t+1기 사이에 개선이 되었다는 것을 나타내며, 1보다 작은 경우는 PTE와 SE가 악화되었다는 것을 의미한다.

자료포락분석의 선형계획을 이용하여 t기와 t+1기 사이의 MPI를 측정하려면 $D_t(y_{t,}x_t)$, $D_{t+1}(y_{t+1,}x_{t+1})$, $D_{t+1}(y_{t,}x_t)$, $D_t(y_{t+1,}x_{t+1})$와 같은 네 개의 선형계획의 해를 구해야 한다(유금록, 2004).

$$\begin{aligned} [D_{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})]^{-1} &= \max_{\Phi,\lambda}\Phi, \\ st \quad -\Phi y_{k,t+1} &+ Y_{t+1}\lambda \geq 0, \\ x_{k,t+1} &- X_{t+1}\lambda \geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} [D_t(y_t, x_t)]^{-1} &= \max_{\Phi,\lambda}\Phi, \\ st \quad -\Phi y_{k,t} &+ Y_t\lambda \geq 0, \\ x_{k,t} &- X_t\lambda \geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} [D_{t+1}(y_t, x_t)]^{-1} &= \max_{\Phi,\lambda}\Phi, \\ st \quad -\Phi y_{k,t} &+ Y_{t+1}\lambda \geq 0, \\ x_{k,t} &- X_{t+1}\lambda \geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} [D_t(y_{t+1}, x_{t+1})]^{-1} &= \max_{\Phi,\lambda}\Phi, \\ st \quad -\Phi y_{k,t+1} &+ Y_t\lambda \geq 0, \\ x_{k,t+1} &- X_t\lambda \geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{9}$$

위의 수식에서 $D_t(y_{t,}x_t)$은 t기에 대해 생산가능집합의 거리를 구하는 것이며, $D_{t+1}(y_{t+1,}x_{t+1})$는 t+1기의 생산가능집합의 거리를 구하는 것이다(유금록, 2004). 반면 $D_{t+1}(y_{t,}x_t)$은 t기에 대해 t+1기의 생산가능집합과 비교해 거리를 측정하는 것이며, $D_t(y_{t+1,}x_{t+1})$은 t+1기에 대해 t+1기의 생산가능집합과의 거리를 비교하는 것이다. 이 경우

DEA의 함수를 따르기 때문에 기술효율성 변화를 순수기술효율성 변화와 규모효율성 변화로 분해하기 위하여는 CCR모형 공식에서 BCC모형 공식으로 전환하는 방식과 동일하게 VRS 생산활동에 대해 두 개의 거리함수를 구하면 된다(유금록, 2004). 또한 구해야 할 해의 전체 수는 CRS의 경우 만약 n개의 기관과 t기간이 존재한다면 n×(3t-2)개의 선형계획에 대한 해를 구할 필요가 있다. 본 연구에서 16개의 지자체와 10년간의 기간이 존재하므로 16×(3×10-2)가 되어 448개의 해를 구해야 하며, VRS의 규모효율성 지표까지 계산하려면 n×(4t-2)가 되어 608개의 해를 구해야 한다(유금록, 2004).

3. 선행연구에 대한 고찰

본 연구는 광역시도의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)에 대한 효율성 및 생산성 변이를 측정하고자 한다. 생활폐기물 관련 연구들을 살펴보면, 초기 연구의 대부분은 지방자치의 시행과 더불어 신자유주의 행정개혁의 영향을 받아 나타난 1990년대 초반 이후 생활폐기물 처리에 있어서 민간위탁과 관련된 효율성, 즉 민간위탁 이전과 이후, 또한 민간위탁과 직영의 효율성 차이를 측정하는 경우들(유미년 외, 2008; 권경환, 2010, 2012; 손희준, 1992; 현승현 외, 2017; 박인용, 2008; 김효주 외, 2011; 정성영 외, 2015)이 대다수였다. 민간위탁과 관련된 연구들 상당수의 효율성 측정 결과를 보면 민간위탁의 경우 크게 효율성 개선 효과가 있다는 결과를 보이지 못함으로 인해 민간위탁을 통한 공공서비스의 효율성 증대, 즉 예산, 인력절감과 더불어 만족도의 증가로 이어질 것이라는 신공공관리론적 사고 및 제도적 도입은 지방의 쓰레기 관리에 대한 시장성이 충분한 수준으로 형성되어 있다고 판단하기 어려운 우리나라의 현실에서는 눈에 띄는 효율성을 구현하기가 쉽지 않은 것이 사실이다.[6] 어떤 정부가 들어서든, 어떤 관리 방식을 선택하든 간에 주민들의 생활에 있어 기본 필수 서비스는 반드시 제공해야만 하며 이의 효율성을 높인다는 것은 지난한 일이며, 힘든 도전을 요구하고 있다는 것을 연구결과들이 지속적으로 방증해 주고 있다고 생각된다.

이들 연구 중 생활 폐기물 내지는 쓰레기 수거 서비스를 대상으로 DEA 기법을 활용한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다고 볼 수 있는데, 국내 연구 중 이상섭·김규덕(1998), 남기범(2001), 고승희(2007), 강은숙·김종석(2008a; 2008b), 강은숙·김종석·(2009), 윤형호 외(2009), 권경환(2010), 김효주 외(2011), 현승현(2018) 등의 연구들을 들 수 있다. 이들 연구들 대부분은 전체적 효율성을 측정하기 보다는 먼저 쓰레기 수거 업무의 효율성 측정해 이 결과를 영향요인을 찾기 위한 수단으로 활용하는 경향이 있다.

이상섭·김규덕(1998)는 대구광역시의 7개구와 1개의 군을 포함한 대구와 경상북도 18개 시·구를 대상으로 하여 쓰레기 수거서비스의 효율성을 측정하였다. 투입변수로는 예산, 인력, 장비의

6) 생활쓰레기 처리에 관해 민간위탁이 효율적이지 못한 주요한 이유들로는, 먼저 시장성이 부족해 '시장형성의 실패'가 나타나며, 수도권 지역을 제외한 나머지 기초자치단체의 경우 전문업체의 수가 적어 수탁업체의 경쟁성을 확보하기 어려운 측면들이 있다. 또한 기존의 허가업체들이 자기 구역 내에서 독점적 지위를 누리기 때문에 기존 업체를 교체하고자 해도 당장 위탁할 업체가 없는 어려움이 존재한다. 즉, 정부독점에서 민간독점으로의 수평이동 현상만 나타나고 있는 실정이다(권경환, 2010).

수를, 산출변수로는 쓰레기의 총수거량, 재활용 쓰레기량, 수수료의 징수액을 활용하였다. 연구결과 연구된 18개 시군구 중 11개가 효율적인 시군구로 분류되었다. 고승희(2007)의 경우는 74개 지방정부를 대상으로 효율성 측정 및 그 영향요인 분석을 실시했으며, 투입요소로는 인력, 관리장비, 관리예산을, 산출변수로는 폐기물 총처리량, 폐기물 재활용량, 수수료 징수액을 활용하였다. 연구 결과 16개의 지자체가 효율성이 1인 것으로 나타났으며, 영향 요인분석에서는 인구, 청소인력 1인당 인구, 수수료 비율 등이 유효한 것으로 타나났다. 남기범(2001)은 서울시 소속 구청들을 대상으로 지방자치제 시행 이전과 이후로 나누어 효율성을 측정하였다. 투입변수로는 인력과 장비를 산출변수로는 쓰레기 수거량, 재활용품의 수거실적, 수수료 징수액 등을 활용하였다. 연구결과 지방자치제 시행 이후가 전반적인 효율성 수치가 높아지고 있는 것으로 나타났다. 권경환(2010)의 연구는 서비스 공급유형에 따른 효율성 차이가 있는지를 2003년과 2007년도의 전국 주요도시를 상대로 조사한 것으로 투입변수로 인원, 장비 수, 인건비, 처리비 등을, 산출변수로 매립·소각량, 재활용량, 수수료 징수액을 활용하였다. 연구 결과 서비스 공급유형은 효율성 차이에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

강은숙 외(2008a)의 연구에서는 7개 광역시를 대상으로 2001년부터 2005년까지의 쓰레기 수거서비스의 효율성을 측정하였다. 투입변수로는 주민1인당 환경담당 공무원 수, 주민1인당 환경관련예산을, 산출변수로는 수질, 대기질, 폐기물을, 환경변수로 인구밀도, GRDP, 녹지면적을 활용하였다. 연구결과 35개 측정치 중 7개가 효율적인 것으로 나타났다. 또한, 강은숙·김종석(2008b)는 광역자치단체 내 65개 자치구를 대상으로 생활폐기물 처리 서비스에 대한 효율성을 측정하였는데, 투입변수로는 인력, 예산, 차량, 손수레, 중장비를, 산출변수로는 폐기물 매립·소각량, 재활용량을, 외생변수로 면적, 인구밀도, GRDP, 인구규모 등을 활용하였다. 측정 결과 전체적으로 효율성이 시간의 흐름에 따라 증가하지는 않은 것으로 나타났으며, 영향요인 분석 결과 매립·소각량을 제외한 모든 변수에서 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 현승현(2018)의 연구는 경기도의 기초자치단체를 대상으로 맴퀴스트 생산성 지수와 회귀분석 방법을 활용해 2010년부터 2015년까지 효율성 및 그 영향요인을 분석하였다. 투입변수로는 총관리예산, 인력, 장비수를 산출변수로는 매립소각량, 재활용처리량, 세입수수료를 활용하였다. 또한 요인분석을 위해 영향요인으로 민간위탁 요인, 인구요인, 주택요인, 지역경제성 요인, 재정압박 요인, 지방행정 요인 등을 선정했다. 연구 결과 생활폐기물 서비스의 효율성이 점차 낮아져왔고, 재정자주도와 지방공무원수 이외에는 영향을 미친 영향요인이 없는 것으로 나타났다. 아래 〈표 3〉은 생활폐기물 관리서비스의 효율성 측정에 대한 관련 선행연구들을 요약해 제시한 것이다.

〈표 3〉 환경행정 서비스 효율성 및 생산성 변이 측정 관련 선행연구

연구자	분석대상	측정지표	분석방법
이상섭·김규덕 (1998)	대구·경북 18개 시군	투입변수: 예산, 인력, 장비의 수 산출변수: 쓰레기의 총수거량, 재활용 쓰레기량, 수수료 징수액	DEA
고승희 (2007)	74개 지방정부	투입변수: 관리인원, 관리장비, 손수레, 관리예산 산출변수: 폐기물처리량, 재활용량, 수수료 징수액	DEA, T검정
남기범 (2001)	서울시 소속 25개 구청	입변수: 인력, 장비 산출변수로는 쓰레기 수거량, 재활용품의 수거실적, 수수료 징수액	DEA
권경환 (2010)	전국 77개 시정부	투입변수: 관리인원, 관리차량, 손수레, 중장비, 처리인건비, 기타처리비 산출변수: 매립소각량, 재활용량, 수수료징수액	PCA-DEA, 회귀분석
강은숙·김종석 (2008a)	7개 광역시	투입변수: 주민1인당 환경담당 공무원 수, 주민1인당 환경관련예산 산출변수: 수질, 대기질, 폐기물	DEA, 맴퀴스트
강은숙·김종석 (2008b)	6개 광역시 소속 65개 자치구	투입변수: 담당인력, 에산규모, 차량, 손수레, 중장비 산출변수: 매립소각량, 재활용량	DEA
권경환 (2014)	전국 70개 시정부	투입변수: 관리인원, 관리차량, 손수레, 중장비, 총처리비 산출변수: 매립소각량, 재활용량, 기타처리량, 수수료징수액	Super-SBM, 회귀분석
윤형호 외 (2009)	서울시 108개 수거운반업체	투입변수: 담당인력, 차량수 산출변수: 쓰레기 수거량	DEA, 회귀분석
김효주 외 (2011)	제주도 4개 시군	투입변수: 인력, 예산, 차량 산출변수: 매립소각량, 재활용량	DEA
현승현 (2018)	경기도 소속 기초자치단체	투입변수: 총관리예산, 인력, 장비수 산출변수: 매립소각량, 재활용처리량, 세입수수료	순차적 맴퀴스트, 회귀분석

종합하면, 위의 선행연구들에서는 주로 정태적 모형인 CCR과 VRS모형에 의존하거나, 또 다른 연구에서는 정태적 분석 및 동태적 분석을 모두 시행했지만 동태적 분석에서 단순 시계열 분석만을 행했으며, 효율성 분석을 정밀하고 철저하게 하기 보다는 효율성 분석을 비교적 단순하게 함으로써 효율성 분석과정이 영향요인을 파악하기 위한 사전단계로 활용한 경우가 많았다. 특히 효율성 측정결과가 각 측정치별로 분석된 것이 아니라 전체적인 효율성으로 평가된 경우가 많았다. 따라서, 본 연구에서는 각 광역시도의 쓰레기 처리 서비스의 효율성을 정밀하게 측정하는데 초점을 맞춘 연구를 진행하고자 한다. 이를 위해 단년도의 효율성 측정도 보다 정밀하게 측정하는 방법을 적용하였으며, 또한 단년도의 변수들과 외부환경의 충격에 의한 민감성에 취약한 DEA의 단점을 극복하기 위해 다년도의 동태적 효율성을 측정하고자 하였으며, 이를 위해 Malmquist 생산성지수를 활용해 2008년부터 2017년까지 10개년 3기 동안의 각 관측치들 모두에 있어 생산성지수 변화율과 그 구성요소인 기술효율성 변화율, 기술변화율, 순기술효율성 변화율, 규모효율성 변화율을 측정하고자 했다.

Ⅲ. 연구방법

1. 분석대상 및 분석방법

본 연구에서는 균형패널(balanced panel)자료를 이용해 우리나라 16개 광역자치단체[7]의 환경행정 서비스 중 생활폐기물 관리에 관한 효율성 및 생산성 변화 추이를 측정하였다. 그러나 본 연구에서의 효율성 측정은 객관적이고 측정가능한 결과를 도출하기 위하여 정성적 평가는 배제하고 정량적인 효율성만을 측정하는 것으로 한정하였다. 이를 위해 2008년부터 2017년까지의 10년간의 환경백서와 환경부 폐기물관리 통계를 활용해 환경인력, 생활폐기물 관리예산, 관리장비, 관리면적과 생활폐기물 처리량 등의 자료들을 분석에 활용하였다.

분석방법은 먼저, DEA방법론의 CCR모형과 BCC모형 및 Super-Efficiency Measures을 활용해 2017년 단년도 효율성에 대한 정태적 분석을 실시하여 기술효율성, 순기술효율성, 규모효율성을 측정하였다. 생산율 변화율 추이 분석에서는 Malmquist 생산성지수 변화율을 활용해 2008년부터 2017년까지의 10개년 3기 기간 동안[8]의 16개 광역자치단체들의 생산성 변화율을 측정하였으며, 생산성지수의 구성요소인 기술효율성 변화율, 기술변화율, 순기술변화율, 규모효율성 변화율로 세분화해 생산성 변화율의 내용을 분석하였다. 따라서 본 연구에서는 2017년 단년도의 효율성을 측정하기 위해 주로 CCR 및 SEM 기법을 활용하였으며, 다년도에 걸친 생산성 변화 추이 분석을 위해 Malmquist 생산성지수 변화율 기법을 활용하였다. 그리고 광역자치단체들을 연구의 대상으로 삼은 것은 연구자료 확보에 대한 용이성 때문이며, 기초지자체 보다는 전반적인 규모의 경제효과가 잘 나타나리라는 측면에서 선정하였다.

2. 변수선정

환경행정에 대한 효율성을 분석하는데 있어서 가장 좋은 투입과 산출변수는 효율성에 대한 내용을 잘 담고 있는 변수들이 총망라 되는 것이다. 그러나 DEA 분석기법에서는 투입과 산출변수의 수에 있어서 제한이 따르므로 가장 대표성이 높은 변수들로 분석변수를 선정하는 작업은 중요할 수 밖에 없다. 따라서 이들을 대표할 수 있는 변수들을 주로 활용하는데 노동과 자본변수들의 대리변수들을 주로 활용한다. 즉, 선행연구들에서는 생활쓰레기 관리와 관련해서 투입변수로는, 노동의 대리변수로 환경인력을, 자본의 대리변수로 예산, 시설면적 및 설비 등을 주로 활용해 왔다.

---

7) 2019년 현재로는 17개 광역자치단체가 존재하지만, 이들 중 세종특별자치시는 2012년도에 출범을 하여 본 연구에서의 분석대상 기간과 맞지 않아 제외하였다.

8) 10년 기간을 3~4년 단위인 3기로 나눈 이유는 지방자치단체에서의 생활쓰레기 처리에 대한 처리업체와의 계약이 대체로 다년도로 체결되며, 생활쓰레기 관리에서 시설물 설치, 새로운 장비에 대한 투자 등에 의한 생산성에 미치는 영향이 직접적으로 나타나려면 시간이 걸리므로 생산성을 1년 단위로 매년 측정하는 것 보다는 3년이나 4년 단위로 측정하는 것이 실질적인 변화추이를 분석하는 데에는 유리하다고 판단되었다.

본 연구에서도 선행연구들의 선례를 따라 환경행정(생활쓰레기 관리)가 주로 노동집약적인 성격을 강하게 띠고 있다는 특징과 더불어, 지방자치단체의 인력은 큰 변동이 없이 안정되므로 투입변수로 노동의 대리변수인 각 광역자치단체의 생활폐기물 관할 인구 1인당 환경담당 인력 수를 선정하였다. 또한 예산 및 결산은 자본의 대리변수로 가장 안정적이고 자주 활용되는 투입변수이기 때문에 각 지자체의 관할 주민1인당 생활폐기물 결산액을 선정하였다. 또한 광역자치단체가 보유하고 있는 생활폐기물 처리장비 들인 차량, 손수래, 중장비 총댓수를 관할인구로 나눈 인구 1인당 장비 댓수를 자본의 대리변수로 선정하였다. 이와 더불어 환경변수로 생활폐기물 관할면적을 관할인구로 나눈 인구 1인당 관할면적을 추가적인 투입변수로 선정하였다. 이는 광역시와 도의 면적차이가 효율성의 측정에 영향을 미칠 우려가 있어 인구수에 비례한 관할면적을 제시함으로써 다소 이러한 영향을 줄이려 하였다.[9)]

산출변수로는 광역자치단체의 생활폐기물 처리량을 선정하였다. 광역자치단체 생활폐기물의 관할범위는 일반 생활폐기물과 사업장 폐기물 중 생활폐기물을 포함하는 처리량을 활용하였으며, 이들은 쓰레기 종량제 방식에 의한 배출과 재활용품 분리배출, 그리고 음식물류 폐기물 분리배출 등으로 나누어지는데 이들의 총괄처리량(톤/일)이 활용되었다. 투입 및 산출변수의 구체적인 내용은 아래 〈표 2〉에 나타나 있다.

〈표 4〉 광역자치단체 환경행정 효율성 분석을 위한 투입요소와 산출요소

구분	변수(단위)		출 처
투입요소	주민1인당 환경담당 인력 수	환경담당인력/관할 주민 수 (명)	환경백서, 환경부 폐기물통계 (2008-2017)
	주민1인당 예산	생활폐기물 처리예산(원)/관할 주민 수(명)	
	주민1인당 장비 수	차량+손수래+중장비(대)/관할 주민 수(명)	
	주민1인당 관리면적	생활폐기물 관할면적㎢/관할 주민 수(명)	
산출요소	생활폐기물 처리량	가정생활폐기물+사업장 생활폐기물 (톤/일)	

Ⅳ. 연구결과

1. 광역시도의 환경행정 서비스에 대한 DEA 및 초효율성 분석

2017년 단일연도의 16개 광역자치단체를 대상으로 규모수익불변(CRS)의 산출지향 자료포락분

9) 실제 인구 1인당 관할면적을 투입변수로 포함시킨 경우와 제외시킨 두 경우 모두에서 본 연구에서 시행한 연구방법론과 같은 방법론과 데이터를 적용해 그 결과를 테스트해 본 결과 실제로 DEA와 초효율성 측정에서 전반적인 평균의 상당한 상승 효과가 나타났다. 특히 관할면적을 제외시킨 경우는 경기도만 효율성이 1로 나타났지만 포함시킨 경우는 효율성이 1인 경우는 6개 광역자치단체로 늘어나났다. 또한 그 외의 모든 측정치들에서 큰 폭의 효율성 상승이 나타났다. 이는 본 연구에서 인구 1인당 관할면적을 투입변수로 포함하면서 추구했던 규모차이의 보정효과가 상당부분 나타난 것으로 분석할 수 있다.

석을 활용한 효율성 측정 결과가 아래 〈표 5〉에 나타난 바와 같다. 먼저, CCR모형에서 효율성의 전체평균은 78.2%로 나타났으며, 효율적으로 평가된 광역자치단체는 경기도, 광주광역시, 대전시, 서울시, 울산시, 인천시 등 6곳으로 분석되었다. 비효율적인 광역시도로 분석된 10곳 중 가장 효율성이 낮게 나타난 곳은 강원도와 전북으로 효율적인 측정치들과 비교한 상대적 효율성에서 각각 41.83%와 47.47%를 나타내었다. 효율적인 측정치들과 비효율적인 것으로 나타난 광역시도 간 효율성 차이가 다소 큰 것으로 분석되었다.

초효율성(Super-Efficiency Measures) 분석에서는 효율성이 1로 나타난 6개 광역시도를 분석해 본 결과, 서울시의 효율성이 10.17로 나타나 압도적으로 높은 것으로 평가되었으며, 광주광역시, 울산시, 인천시 등에서 효율성이 높게 나타났다. 이는 좁은 공간에 많은 인구가 정주하며 많은 생활쓰레기를 배출하고, 쓰레기 수집 면적도 좁을 뿐만 아니라 아파트 등에 집중되어 있고, 분리수거 등 배출시설도 잘 갖춰져 있기 때문에 훨씬 효율성이 높게 나타난 것으로 추정된다. 이에 비해 강원도 등은 넓은 면적에 인구밀도가 낮으며, 쓰레기 수거면적이 넓고 분리수거 등 배출시설 또한 아파트가 밀집한 지역에 비해 열악하기 때문에 효율성이 낮게 나타난 것으로 분석된다.

참조집합에서는 효율적인 것으로 판명된 6곳 중 광주광역시가 10회의 참조횟수를 기록해 동료 측정치들에 의해 가장 많은 벤치마킹 대상이 되었으며 이를 통해 광주광역시가 가장 모범적인 측정치로 평가 될 수 있다. 다음으로 인천시가 9회의 참조횟수를 나타내 상당히 우수한 측정치로 분류될 수 있으며, 서울시가 8회, 경기도가 7회로 나타나 운영도 측면에서 모범적인 광역시도인 것으로 나타났다.

〈표 5〉 광역자치단체의 환경행정 효율성 분석결과

DMU	효율성	Super-Efficiency Measure	참조집합(λ)	참조횟수
강원	0.4183	0.4183	경기(0.0575); 광주(0.2633); 울산(0.2814); 인천(0.3978)	
경기	1	1		7
경남	0.667	0.667	광주(0.2905); 서울(0.2908); 인천(0.4187)	
경북	0.5948	0.5948	경기(0.0217); 광주(0.6239); 서울(0.1890); 인천(0.1653)	
광주	1	1.6482	경기(0.7011); 서울(0.2989)	10
대구	0.8526	0.8526	광주(0.4378); 대전(0.1213); 서울(0.1650); 울산(0.0154); 인천(0.2605)	
대전	1	1.0539	광주(0.9274); 서울(0.0490); 울산(0.0236)	3
부산	0.8285	0.8285	대전(0.4671); 서울(0.5329)	1
서울	1	10.1672	경기(0.7110); 부산(0.2890)	8
울산	1	1.6202	대전(1.0000)	6
인천	1	1.3144	서울(1.0000)	9
전남	0.5407	0.5407	경기(0.0343); 광주(0.5892); 울산(0.0277); 인천(0.3488)	
전북	0.4747	0.4747	경기(0.0176); 광주(0.1015); 울산(0.5521); 인천(0.3289)	
제주	0.8007	0.8007	광주(0.5809); 인천(0.4191)	
충남	0.6882	0.6882	광주(0.6644); 서울(0.1600); 인천(0.1756)	
충북	0.6465	0.6465	경기(0.0325); 광주(0.4523); 울산(0.1212); 인천(0.3939)	
평균	0.782	1.4572		

〈표 6〉에서는 VRS모형을 활용해 기술효율성의 내용을 순기술효율성과 규모효율성으로 나누어 측정하고, 그에 따른 규모수익(returns to scale: RTS)의 결과들을 제시하였다. 그 내용을 살펴보면, 기술효율성의 평균은 0.91이며 그 내용 중 순기술효율성(VRS)은 1.47이고, 규모효율성은 0.39인 것으로 나타났다. 즉, 기술효율성의 비효율성 중 규모효율성에 기인한 비효율성은 무려 61.15%인 것으로 나타나 기술효율성의 비효율은 규모효율성에 전적으로 기인하는 것으로 분석된다. 특히, 순기술효율성(VRS)에서 효율적으로 나타난 광역자치단체는 경기도, 광주광역시, 대전시, 서울시, 울산시, 인천시 등의 6곳 이였다. 다만 서울시의 순기술효율성 수치가 너무 높게 나타나 전체 평균을 지나치게 끌어올리고 있어 이는 자칫 비효율적으로 평가되는 다른 측정치들의 비효율성이 잘 드러나지 않게 하는 왜곡된 경향이 나타날 수도 있다.

RTS에서는 경기도와 서울시만 규모수익체감을 나타내 환경행정 서비스와 관련된 규모축소를 통해 효율성 개선이 가능한 것으로 나타났으며, 나머지 광역시도 14곳 모두에서 규모수익체증의 결과를 나타내 광역시도의 환경행정 서비스 규모를 확대함으로써 전체적인 생활쓰레기 서비스의 효율성을 개선할 수 있다는 분석이 가능하다. 특히 규모효율성 측면에서 대부분의 측정치들이 지나치게 낮은 규모효율성을 나타냈으며, 이는 이들 측정치들의 효율성을 개선시키기 위해서는 생활쓰레기 관리와 관련된 부문의 규모를 상당한 수준까지 확대함을 요구한다고 볼 수 있다.

〈표 6〉 모형별 각 평균 효율성 비교

DMU	기술효율성(CRS)	순기술효율성(VRS)	규모효율성	RTS
강원	0.1119	0.4183	0.2676	Increasing
경기	1.5099	1	1.5099	Decreasing
경남	0.2998	0.667	0.4494	Increasing
경북	0.1927	0.5948	0.3241	Increasing
광주	0.192	1.6482	0.1165	Increasing
대구	0.31	0.8526	0.3636	Increasing
대전	0.2455	1.0539	0.2329	Increasing
부산	0.3429	0.8285	0.4139	Increasing
서울	10.0632	10.1672	0.9898	Decreasing
울산	0.3126	1.6202	0.1929	Increasing
인천	0.3222	1.3144	0.2452	Increasing
전남	0.1155	0.5407	0.2135	Increasing
전북	0.1218	0.4747	0.2565	Increasing
제주	0.1116	0.8007	0.1393	Increasing
충남	0.1911	0.6882	0.2777	Increasing
충북	0.1439	0.6465	0.2226	Increasing
평균	0.9117	1.4572	0.3885	

DEA 분석에서는 비효율적으로 평가된 측정치들을 효율적으로 판명된 준거집단과 비교하여 투입 및 산출물에서의 비효율성을 개선 할 방안을 제시할 수 있다. 이 경우 특히 투입 및 산출구조가 유사한 준거집단과 비교를 하게 된다. 이를 위해 〈표 5〉에 나타난 준거집단의 가중치를 활용해 아

래〈표 7〉에 나타난 적정투입 및 산출물을 각 DMU별로 제시할 수 있다. 본 연구에서는 투입중심의 효율성과 개선방향을 측정했지만 좀 더 세부적으로 비교하기 위해 산출중심의 효율성 개선방향까지 제시해 보았다. 가장 비효율적인 광역시도로 평가된 강원도, 전북의 경우 효율적으로 평가된 다른 광역시도의 수준에 이르기 위해서는 먼저 강원도는 생활쓰레기 처리 인력에서 0.0007명을 줄여야 하며, 생활쓰레기 처리 예산에서 68,847원을 삭감하고, 장비수에서 0.0004대를 줄이고, 관리면적에서 0.0059㎢을 줄여야 가능한 것으로 나타났다. 전북의 경우는 인력에서 0.0005명을 줄여야 하며, 예산은 46,920원을 삭감하고 장비수도 0.0004대를 줄여야 하며, 관리면적에서 0.0023㎢을 줄여야 하는 것으로 분석되었다.[10)]

〈표 7〉 실제투입산출물과 적정투입산출물의 비교

DMU	적정 투입물				적정 산출물	
	인력(명)	예산(원)	장비수(개)	관리면적(㎢)	처리량(톤/일)	
	적정투입	적정투입	적정투입	적정투입	Slack	적정산출
강원	0.0005 (-0.0007)	49501 (-68847)	0.0003 (-0.0004)	0.0005 (-0.0059)	0	2333
경기	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0
경남	0.0005 (-0.0002)	63197 (-36174)	0.0003 (-0.0001)	0.0003 (-0.001)	0	4004
경북	0.0005 (-0.0004)	55410 (-37755)	0.0002 (-0.0002)	0.0003 (-0.0028)	0	3163
광주	0.0006 (0.0004)	69403 (29609)	0.0003 (0.0001)	0.0006 (0.0002)	9622	10891
대구	0.0005 (-0.0001)	55633 (-9618)	0.0003 (0)	0.0003 (-0.0001)	0	2895
대전	0.0006 (0)	46816 (2395)	0.0002 (0)	0.0003 (0)	0	1664
부산	0.0005 (-0.0002)	62146 (-12860)	0.0003 (-0.0001)	0.0002 (0)	2345	5689
서울	0.0007 (0.0044)	68513 (712155)	0.0003 (0.0029)	0.0006 (0.0006)	0	9217
울산	0.0005 (0.0003)	44421 (17004)	0.0004 (0.0002)	0.0003 (0.0005)	154	1664
인천	0.0005 (0.0001)	77685 (20524)	0.0003 (0.0001)	0.0001 (0.0001)	6937	9217
전남	0.0005 (-0.0004)	52707 (-44778)	0.0002 (-0.0002)	0.0004 (-0.0029)	0	1983
전북	0.0005 (-0.0005)	42400 (-46920)	0.0004 (-0.0004)	0.0006 (-0.0023)	0	1916
제주	0.0005 (-0.0001)	53897 (-51368)	0.0002 (-0.0001)	0.0003 (-0.0005)	381	1693
충남	0.0005 (-0.0002)	54243 (-32257)	0.0002 (-0.0001)	0.0003 (-0.0012)	0	2718
충북	0.0005 (-0.0003)	51847 (-28350)	0.0003 (-0.0001)	0.0004 (-0.0016)	0	2033

*( ) 숫자는 적정투입물을 위한 적정조정(proportionate movement) 수치

10) 다만 이는 투입중심의 효율성 개선방향이기 때문에 예산, 인력, 장비 등에서의 축소와 감축이라는 개선방안을 제시한 것 뿐이다.

3. 광역자치단체의 환경행정에 대한 Malmquist 생산성 지수 분석결과

본 연구에서는 2008년부터 2017년까지의 10년간 3기(3t) 기간 동안의 균형패널자료를 이용하여 16개 광역자치단체의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)의 효율성에 대해 MPI 변화율 및 그 구성요소들인 기술효율성의 변화, 기술변화, 순기술효율성의 변화, 규모효율성의 변화율을 측정하였으며 그 결과는 〈표 8〉과 같다.[11] 먼저, 2008년부터 2017년까지의 MPI 연평균 변화율을 보면, 당해기간 동안의 MPI 평균은 96.84%로 연평균 3.16% 하락한 것으로 나타났으며, 이는 기술변화율에서 2.34%의 기술진보가 일어났으나 순기술효율성 변화율에서 13.11%의 하락률을 기록해 10년간의 생산성 평균에 있어서의 하락은 전적으로 순기술효율성의 하락에 기인하는 것으로 분석되었다. 각각의 시기를 놓고 생산성 변이를 분석해보자면, 2014-2017년 기간(1기)에 8.72%의 하락률을 나타내 하락폭이 다소 높은 것으로 분석되었다. 1기 동안의 생산성 지수가 하락한 가장 근본적이 이유는 순기술효율성 변화율에서 무려 32.62%의 하락이 나타나 이에 기인한 것으로 판명되었다. 또한 2011-2013년의 기간(2기)에서는 2.75%의 하락율을 나타내 전반적으로 연평균 MPI가 소폭 하락한 것으로 나타났다. 반면에 2008-2010(3기)의 기간에는 2.3%의 성장이 나타났으며 이기간 동안의 성장은 주로 7.9%의 기술진보를 나타낸 기술변화에 기인한 것으로 분석되었다.

〈표 8〉 MPI 및 구성요소의 시기별 변화율

	생산성지수변화	기술효율성 변화	기술변화	순기술효율성 변화	규모효율성 변화
2014-2017(1기)	0.9128	0.7689	1.0551	0.6738	0.922
2011-2013(2기)	0.9725	1.1161	0.9414	1.2031	0.9653
2008-2010(3기)	1.023	0.8524	1.079	0.8093	1.0497
평 균	0.9684	0.901	1.0234	0.8689	0.9776

주: Malmquist 생산성지수 및 구성요소의 평균은 기하평균(geometric means)임

〈표 9〉는 각 광역자치단체별 MPI의 시기별 변화율 추이를 나타내고 있다. MPI의 당해기간 평균 변화율을 살펴보면 총 16개 광역시도 중 부산시, 서울시, 인천시, 전남, 전북 등 5개 광역시도에서 생산성지수의 평균이 증가했고, 나머지 11개 광역시도에서는 하락한 것으로 분석되었다. 이들 중 부산시는 연평균 생산성지수의 평균 증가율이 14.61% 증가해 가장 큰 증가율을 나타내었으며, 다음으로 서울시가 9.33%의 증가율을 보였다. 반면, 동기간 생산성지수 변화율 평균에서 울산시가 35.56%로 가장 하락율이 컸다.

11) 기술효율성 변화지수(EI)는 새로운 비용구조 및 설비의 가동률, 학습 및 지식파급효과 등에 있어서의 개선을 통한 효율성의 변화를 의미하며, 기술변화지수(TI)는 새로운 관리 및 경영기법의 도입이나 신제품 및 새로운 서비스의 도입으로 인한 생산성의 변화를 의미한다(이정동·오동현, 2012).

〈표 9〉 각 광역시도별 MPI의 연도별 변화율 및 평균

DMU	생산성(1기)	2기	3기	평균
강원	0.9769	1.0806	0.9306	0.9941
경기	1.0279	0.9206	1.0478	0.9972
경남	1.0394	0.8572	0.9363	0.9414
경북	0.9766	0.9547	0.937	0.9559
광주	1.038	0.9347	0.985	0.985
대구	1.1152	0.8632	0.9802	0.9808
대전	0.7201	0.9952	1.0859	0.9198
부산	1.225	1.2559	0.9786	1.1461
서울	1.0605	1.1067	1.1136	1.0933
울산	0.4526	0.6863	0.8617	0.6444
인천	0.6867	1.1385	1.6472	1.0879
전남	1.1165	0.8612	1.1454	1.0327
전북	1.0044	1.1494	0.8848	1.0071
제주	0.7463	0.8869	1	0.8715
충남	0.8079	1.0425	1.0992	0.9746
충북	1.0013	0.9846	0.9318	0.9721
평균	0.9128	0.9725	1.023	0.9684

주: Malmquist 생산성지수 및 구성요소의 평균은 기하평균(geometric means)임

〈표 10〉은 각 광역자치단체별 MPI의 평균변화율과 구성요소들의 세부적인 내용을 나타낸 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 MPI는 기술효율성 변화율, 기술변화율, 순기술효율성 변화율, 규모효율성의 변화율 등으로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 이들 각각의 내용을 세분화해 설명하고자 한다. 먼저, 기술효율성 변화율을 살펴보자면, 16개 광역시도 중 4개 시도에서 연평균 효율성의 증가가 나타난 반면, 11개 광역시도에서는 효율성의 하락이 있었다. 가장 큰 증가를 나타낸 곳은 전남으로 5,74%의 기술효율성의 증가가 있었다. 한편, 가장 큰 하락을 나타낸 곳은 울산시로 37.09%의 큰 하락률을 기록했다.

기술변화율에서는 16개 광역시도 중 무려 10곳에서 기술의 진보가 있었던 것으로 나타났고, 나머지 6곳의 지자체에서는 연평균 기술변화율이 퇴보한 것으로 분석되었다. 이들 중 가장 큰 진보를 나타낸 곳은 부산시로 18.09%의 기술진보가 있었으며, 제주도가 기술변화에 있어서 연평균 6.59% 퇴보한 것으로 나타나 가장 큰 기술 퇴보율을 나타냈다. 다만 기술변화율에서는 기술진보에 비해 퇴보의 폭은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

순기술효율성 변화율에서는 6개 광역시도에서 증가가 있었으며, 10개 광역시도는 감소한 것으로 나타났다. 순기술효율성 변화율에서 가장 큰 증가율을 나타낸 곳은 6.05%의 증가율을 보인 부산시였으며, 가장 큰 하락율을 나타낸 지자체는 인천시로 35.33% 하락한 것으로 나타났다.

규모효율성 변화율에서는 강원, 광주, 부산, 서울, 인천, 전남 등 6개 광역시도에서 당해기간 평균 규모효율성이 증가한 것으로 나타났으며, 감소한 것으로 분석된 곳은 10개 광역시도지자체였

다. 이들 중 가장 높은 규모효율성의 증가를 보인 곳은 연평균 19.59%의 증가율을 보인 인천시였으며, 연평균 감소율이 가장 큰 지자체는 21.15%의 감소율을 보인 울산시였다.

〈표 10〉 각 지자체별 Malmquist 생산성 지수 및 구성요소의 변화율

DMU	생산성변화율	기술효율성변화	기술변화	순기술효율성변화	규모효율성 변화
강원	0.9941	0.9725	1.0222	0.9194	1.0003
경기	0.9972	1	0.9972	0.9747	0.9423
경남	0.9414	0.9293	1.013	0.9538	0.93
경북	0.9559	0.9819	0.9736	1.0277	0.9646
광주	0.985	0.9234	1.0667	1.0911	1.0808
대구	0.9808	0.997	0.9837	1.057	0.9978
대전	0.9198	0.8801	1.0452	0.8435	0.9554
부산	1.1461	0.9706	1.1809	1.0605	1.0626
서울	1.0933	1.0042	1.0888	0.9448	1.0427
울산	0.6444	0.6291	1.0245	0.8209	0.7885
인천	1.0879	1.0014	1.0864	0.6467	1.1959
전남	1.0327	1.0574	0.9767	1.0347	1.03
전북	1.0071	0.9425	1.0685	0.9791	0.9595
제주	0.8715	0.933	0.9341	0.8819	0.8349
충남	0.9746	1.0359	0.9408	0.9406	0.9755
충북	0.9721	0.972	1.0001	1.0268	0.9493
평균	0.9684	0.9463	1.0234	0.9431	0.9776

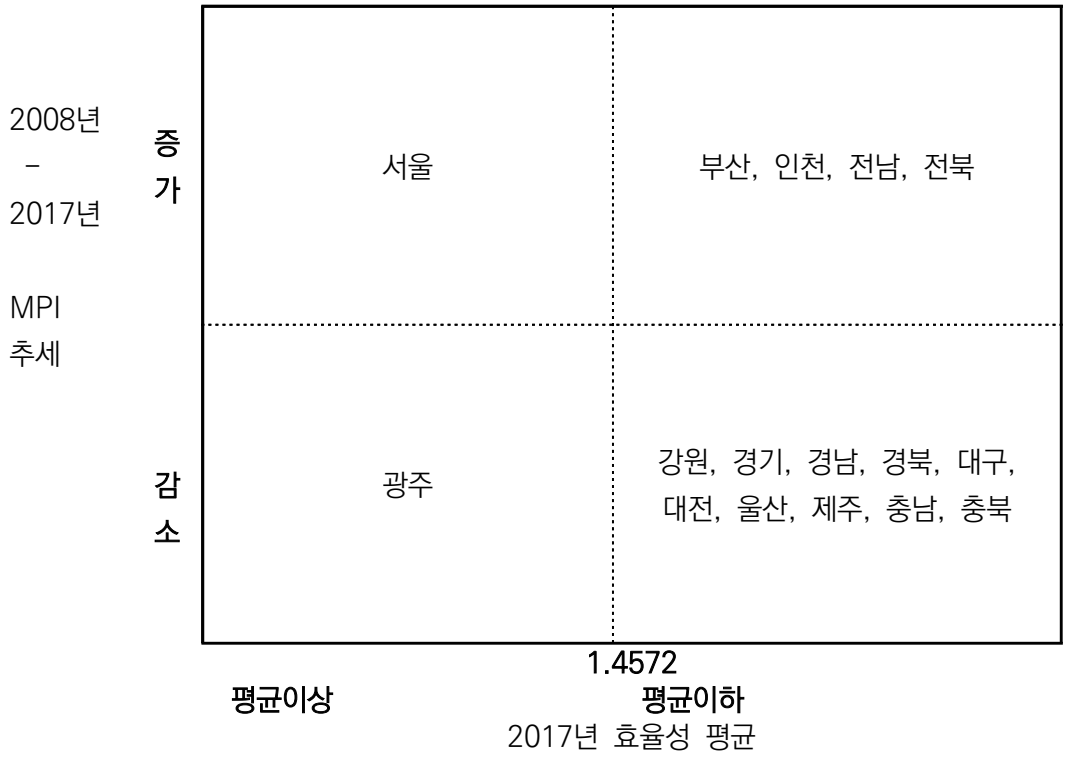
주: Malmquist 생산성지수 및 구성요소의 평균은 기하평균(geometric means)임

4. SEM과 MPI의 연계 분석

아래 〈그림 1〉은 16개 광역시도의 환경행정 서비스(생활쓰레기 관리)에 대한 효율성과 MPI를 연계시켜 크게 4가지 유형으로 분류한 것이다. 종축은 2008년부터 2017년까지의 10년 간의 동태적인 지자체들의 생산성 변화율을 나타낸 것이며, 횡축은 2017년 단일시점의 효율성을 SEM 평균을 중심으로 평균이상과 평균이하로 구분한 것이다. 먼저, 1사분면은 효율성 값이 평균이상이면서 생산성이 증가하는 추세를 보이는 경우로 16개 광역자치단체 중 서울만 이 해당하는 것으로 나타났다. 이러한 유형은 당해 기간의 환경행정 서비스(생활폐기물 관리)의 효율성도 높으며, 생산성에서도 지난 10년간 향상되고 있는 모습을 나타내는 유형이라고 할 수 있다. 서울시는 환경행정 서비스와 관련해 현재의 경영방법이나 운영방식을 잘 유지한다면 앞으로 더욱 생산성이 개선될 여지가 큰 유형이다. 다음으로는 2017년 당해년도 효율성은 평균이하이나 시간의 추이에 따라 생산성 변화 추세에서는 전체적으로 증가하는 경우이며, 2사분면의 부산, 인천, 전남과 전북 등 4개 광역시도 들이 여기에 해당된다. 이들 지자체들은 2017년 현재의 효율성은 전체적으로 평균이하로 낮은 편이나 좀 더 개선된 관리기법과 인력 및 예산운용을 활용한다면 생산성에 있어 계속된

증가를 이룰 수 있어 효율적인 지자체로 거듭 날 수 있을 것으로 분석된다. 반면, 2017년 단일년도에 효율성이 평균이하에 머물면서 시간의 변화에 따른 생산성 추이도 감소하는 것으로 나타난 3사분면의 광역시도들은 강원, 경기, 경남, 경북, 대구, 대전, 울산, 제주, 충남, 충북 등 10개 광역자치단체로 나타났다. 이들 지자체는 현행의 환경행정 서비스와 관련된 인력 및 예산운용 방식을 고수한다면 효율성 및 생산성 측면에서 계속 악화될 가능성이 높은 광역자치단체들이다. 따라서 효율성 및 생산성을 높이기 위해 인력, 예산, 장비 등의 운용에 있어서 현행의 운영방식에 대한 제고가 필요하며 생활쓰레기 처리량을 좀 더 효율적으로 처리하기 위한 전략적인 계획 및 설계가 요청된다. 그러나, 2017년 단일년도의 상대적 효율성에서는 평균이상이며 효율적으로 나타났지만 시간의 추이에 따라 효율성이 하락한 광역자치단체는 4사분면에 나타나 있는 바와 같이 광주광역시가 여기에 해당된다. 광주광역시의 경우는 2017년 단일년도의 효율성에서는 서울시를 제외하고 가장 높은 효율성을 나타냈고, 또 동료 집단으로부터의 참조횟수에서도 가장 많은 벤치마킹 대상으로 선정되어 아주 우수한 광역시였지만 지난 10년간의 생산성 변이를 봤을 때는 성장세를 보인 광역자치단체는 아니다. 다만 지금의 효율성 수준이 높다 하나 최근 4년간의 생산성(1기)는 성장을 보이지 못하고 있음으로 인해, 현행 생산성을 개선시킬 장기적인 플랜과 시설 및 직접적 투자가 필요한 것으로 평가된다.

〈그림 1〉 광역시도의 환경행정 서비스의 효율성 변화



V. 요약 및 결론

본 연구는 16개 광역자치단체들의 환경행정에 대한 효율성을 CCR모형과 BCC모형, 그리고 초효율성(Super-Efficiency Measures) 기법을 활용해 2017년 단년도의 횡단면 자료를 이용해 효율성을 측정하였으며, 시간의 변화에 따른 생산성의 변화추이를 분석하기 위해 2008년부터 2017년까지의 균형패널자료를 이용하여 MPI 분석을 실시하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, CCR모형의 기술효율성 전체평균은 78.2%로 나타났으며 16개 광역시도 중 6개의 지자체가 효율적인 것으로 나타났으며, 10개 지자체가 비효율적인 것으로 분석되었다. 초효율성 분석에서는 서울시의 효율성이 월등히 높게 나타났으며, 광주시와 울산시의 효율성이 상당히 높은 수준으로 분석되었고, 경기도를 제외한다면 나머지 효율적으로 판명된 곳들은 모두 광역시로 분석되었다. 규모효율성에서는 경기도와 서울시만 효율성이 높아 RTS에서 규모수익체감으로 나타났으며, 비효율성의 주요 원인은 규모효율성으로 나타났다.

다음으로, 2008년부터 2017년까지의 MPI 변화율을 보면 연평균 3.16% 정도의 생산성 감소가 일어났으며, 생산성지수 감소의 주요 원인은 순기술효율성의 감소에 있었다. 둘째, 생산성 지수는 부산, 서울, 인천, 전남, 전북 등 5개 광역시도에서 10년 기간 동안 생산성 증가가 있었으며, 특히 생산성은 3기에 가장 높았으며 1기가 가장 낮았다. 이를 종합하면, 2017년 효율성이 평균이상이면서 시간의 변화에 따라 생산성 추세가 증가한 곳은 서울시 한 곳 뿐이었다.

이러한 연구를 통하여 몇 가지 시사점 및 한계점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 쓰레기 관리 서비스에 대한 MPI 변화율을 통해 생산성이 과거에 비해 근래로 오면서 점점 낮아지고 있다는 점이다. 이를 자세히 살펴보면 1기의 기간(2014~2017년)동안 특히 울산과 인천, 대전, 충남 등에서 생산성의 하락이 두드러짐으로써 나타난 결과라고 볼 수 있다. 특히 울산, 대전, 인천, 제주 등에서의 생산성은 2기에서 1기로의 변화뿐만 아니라 3기에서 2기로 오면서도 시간이 지날수록 지속적으로 하락하는 추세를 보여 이에 대한 정밀한 분석과 함께 생산성 향상을 이룰 방안을 찾을 필요성이 제기된다.

둘째, 본 연구결과 서울시나 광역시들의 경우 효율성이 높은 경우가 많았는데 이에 대한 정밀한 분석을 행할 필요성이 제기된다. 물론 광역시 중 효율성이 크게 높지 않은 대구시, 부산시 같은 곳도 있었지만 전반적으로 광역도의 경우보다 광역시들 쪽에서 효율적으로 판명된 측정치들이 많았다는 것은 차후 연구에서도 더욱 세밀히 들여다 볼 필요성이 충분하다고 생각된다.

셋째, 규모효율성과 RTS의 경우를 보면 규모가 큰 경기도와 서울시의 경우를 제외하면 규모효율성이 대단히 낮게 나왔고 RTS에서도 서울시와 경기도를 제외한 14개 지자체에 대해 생활폐기물 관리 서비스의 규모를 확대하는 방향으로의 전환이 효율성을 높이는 중요한 방법 임을 나타내고 있다. 이는 현행의 쓰레기 처리량을 효율적으로 처리하기 위해서는 담당인력, 예산, 장비에서의 투자를 늘려야 한다는 의미로 해석이 가능하다. 이는 특히 서울시의 경우와 상대적으로 비교했을 때, 타 광역시도의 생활폐기물 관리와 관련된 현행의 인력, 장비, 예산의 규모는 충분한 효율성을 확보하기에는 부족하다는 것으로 해석할 수 있으며, 투입변수 모두에서 체계적인 투자 증진이 요

구된다 하겠다.

넷째, 본 연구에서는 인구 1인당 관할면적을 투입변수로 포함시켜 이를 지역 간 인구와 관할범위의 차이를 상쇄시키고자 했다. 실제 인구 1인당 관할면적을 투입변수로 포함시킨 경우와 제외시킨 경우 모두에서 그 결과를 테스트해 본 결과 실제로 포함시킨 경우 DEA 효율성 측정에서 전반적인 평균의 상당한 상승효과가 나타났다. 특히 관할면적을 제외시킨 경우는 경기도만 효율성이 1로 나타났지만 포함시킨 경우는 효율성이 1인 경우는 6개 광역자치단체로 늘어났다. 또한 그 외의 모든 측정치들에서 큰 폭의 효율성 상승 결과가 나타나 효율성이 1이었던 경기도와의 효율성 격차를 상당수 줄이는 보정효과를 나타냈다는 점에서 그 의의가 크다고 하겠다.[12)]

다섯째, 선행연구들에서 제시된 수도권을 제외한 대부분의 지역에서 나타나고 있는 쓰레기 관리에 관련된 비시장성에 대해 개선방안을 찾을 필요성이 제기된다. 지방에서의 쓰레기 관리 관련 시장이 결국 독점으로 흐른다면 이는 지방자치단체 비효율성의 직접적 원인으로 작용할 가능성이 높다. 경쟁이 사라지고 난 다음의 장기간의 달콤한 독점적 시장의 과실을 즐기고 있는 위탁업체의 입장에서는 새로운 기술개발의 필요성에 대한 유인이 낮아지며, 독점이라는 힘을 통해 서비스 처리에 대한 고비용을 지방정부와의 계약에서 청구할 수 있으며, 계약을 유지하기 위해 관련 지자체 공무원들과 정치인을 포획하고자 하는 유혹이 커질 수 밖에 없다. 특히 관과 기업간의 유착으로 인해 경쟁상황을 사전적으로 막는 구조적 독점현상이 형성되면 이는 효율성에 큰 부정적 영향을 미칠 수 밖에 없다. 이에 대한 대안으로 고려해 볼 수 있는 것은 생활폐기물 대행업체 위탁사업비에 대한 원가산정 시 톤당 단가제의 도입을 고려해 볼 수 있다(현승현·정지훈, 2017). 톤당 단가제는[13)] 위탁비용이 과다 지급될 가능성이 적으며, 잔재쓰레기 수거를 적극적으로 하도록 유도함으로써 효율적인 청소가 가능하다는 장점이 존재한다. 또 다른 방식으로 제시 가능한 방안은 시장성을 형성시킬 때 까지 과도기적으로라도 혼합계약방식[14)]의 도입도 고려해 봄직 하다(권경환, 2010). 민간위탁에서 당장 직영으로 전환하기 힘든 경우 시장이 형성될 때 까지 민간과 공공이 서비스 공급을 혼합적으로 행하는 방식인 혼합계약방식도 과도기적 운영을 통해 효율성을 높일 수 있는 대안으로 제시할 수 있다.

본 연구의 한계점으로는, 먼저 본 연구는 16개 광역시도의 생활폐기물 관리 서비스에 있어서 효율성의 내용을 집중적으로 들여다 보는데 초점을 맞췄기 때문에 효율성 결과와 연계된 영향요인 분석은 시도하지 못했다. 이는 대부분의 선행연구들이 효율성과 생산성의 수준을 정밀하게 들여다보기 보다는 단순하게 효율성을 측정하고 이를 영향요인을 분석하는 자료 정도로 활용하는 경향이 있었기 때문에 본 연구의 초점을 효율성을 정밀하게 측정하는 쪽에 두었다. 이로 인해 본 연

12) 다만 MPI 지수에서는 별 차이가 나타나지 않았으며 이는 MPI지수가 이전해와 다음해 효율성의 변화율을 측정하기 때문에 관할면적 변수의 제외가 큰 영향을 미치지 못한 것으로 추정된다.

13) 현재 지방자치단체가 많이 활용하고 있는 방식은 '총액 도급제'인데 예산편성의 예측성이 높고 안정적인 업체 운영이 가능하다는 장점이 있다. 다만 이는 책임의식의 결여나, 서비스질 저하 가능성이 높고, 발생량 변동에 따른 비용반영이 곤란하다는 단점이 존재한다(현승현·정지훈, 2017: 195).

14) 혼합계약방식이란 기존의 '전부계약' 혹은 '전무계약' 방식에서 벗어난 중간적 형태의 공공서비스 공급 유형이다.

구에서 하지 못한 효율성 및 생산성 변이 결과에 대한 영향 요인 분석은 후속 연구에서 진행하고자 한다. 두 번째, 자료의 용이성 때문에 광역자치단체들을 연구의 대상으로 삼았는데, 실질적으로 생활폐기물을 직접 수거하고 처리하는 곳은 기초자치단체들이기 때문에 이 또한 후속 연구에서 전국의 기초자치단체들을 측정 대상으로 삼아 연구 할 필요성이 제기된다.

참고문헌

강은숙·김종석. (2008a). 광역자치단체 환경서비스의 효율성 평가: 서울특별시와 6대광역시를 중심으로.「지방정부연구」, 12(1): 239-262.

강은숙·김종석. (2008b). 지방자치제의 시행이 환경서비스의 효율성에 미친 영향: 폐기물처리서비스를 중심으로.「지방정부연구」, 12(4): 159-180.

강은숙·김종석·박남기. (2010). 지방정부에서의 공공서비스 공급과 민간위탁의 효과: 7개 광역자치단체 69개 자치구의 생활폐기물처리서비스를 중심으로.「한국행정논집」, 22(4): 1067-1089.

고승희. (2007). 지방자치단체의 생활폐기물 처리에 관한 상대적 효율성 측정: DEA(Data Envelopment Analysis)기법을 중심으로.「한국정책학회보」, 16(3): 209-230

권경환. (2010). 지방공공서비스 공급을 위한 혼합계약방식의 효율성 분석: 도시정부 생활폐기물 관리서비스를 중심으로.「지방정부연구」, 14(1): 107-133.

_____. (2014). 도시정부 생활폐기물관리서비스 공급을 위한 민간위탁의 효율성 분석.「현대사회와 행정」, 24(1): 399-424.

김성종·고승희. (2001). 지방공공서비스의 생산흉류성 분석: 생활폐기물처리업무에 대한 DEA기법의 적용.「한국공공정책연구」, 10: 3-26.

김효주·이은국·홍기원. (2011). 지방공공서비스 공급방식의 변화에 따른 효율성 변화 분석: 민간위탁에서 직영전환으로의 변화.「국정관리연구」, 6(1): 133-156.

남기범. (2001). 지방자치제 실시에 따른 행정서비스 효율성의 변화: 쓰레기수거 서비스에 대한 DEA를 중심으로.「한국행정연구」, 10(4): 211-236.

박기관. (2007). 행정구역개편에 따른 도·농 통합의 성과와 결정요인 분석: DEA의 효율성 측정을 중심으로.「지방행정연구」, 21(2): 65-93.

박인용. (2008). 지방자치단체의 청소행정서비스 위탁에 관한 연구: 속초시 생활폐기물 수거업무를 중심으로.「한국행정과 정책연구」, 6(1): 57-81.

손희준. (1992). 도시 쓰레기수거서비스의 공급유형에 따른 효율성 분석: 민영화 방안을 중심으로.「한국행정학보」, 26(1): 149-164.

유금록. (2004).「공공부문의 효율성 측정과 평가」. 서울: 대영문화사.

유미년·탁현우·박순애. (2008). 민간위탁에 의하 공공서비스 공급의 효율성 및 효과성 분석: 서울시 생활폐기물 수거·운반 서비스를 중심으로.「한국정책과학학회보」, 12(3): 219-244.

윤형호·유기영·정진아. (2009). 생활폐기물 수집업체의 비효율성과 규제완화로 인한 효과분석.「

규제연구」, 18(2): 95-129.
이상섭·김규덕. (1998). 자료포락분석(DEA)에 의한 지방정부 공공서비스의 상대적 효율성 측정: 쓰레기수거서비스를 중심으로.「한국지방자치학회보」, 10(2): 169-187.
이정동·오동현. (2012).「효율성 분석이론: DEA 자료포락분석법」. 서울: 지필미디어.
정성영·배수호·최화인. (2015). 민간위탁 공급방식이 서비스 효율성에 미치는 영향 분석: 생활폐기물 처리서비스를 중심으로.「한국정책학회보」, 24(3): 157-182.
현승현. (2018). 지방정부 생활폐기물 관리서비스의 효율성 변화 분석: 경기도 기초자치단체를 중심으로.「지방정부연구」, 22(3): 91-113.
현승현·정지훈. (2017). 지방정부의 민간위탁 수준이 생활폐기물 처리에 미치는 영향요인 분석: 경기도 기초자치단체를 중심으로.「지방행정연구」, 31(4): 177-198.
환경부. (2008-2017).「폐기물 통계」.

Anderson, P., & Perterson, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39: 1261-1264.
Banker, R. D. (1984). Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 17: 35-44.
Banker, R. d., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies. *Management Science*, 30: 1078-1092.
Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1987). Measuring Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1: 429-444.
Coelli, T. J., Rao. D. S. P., O`Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Second Edition. New York: Springer.
Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software.* Second Edition. New York: Springer.
Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120(3): 253-290.
Hatry, Hary. P. (1980). Performance Measurement Principles and Techniques: An Overview for Local Government. *Public Productivity Review*, December.
Rogers, Steve. (1990). *Performance Management in Local Government*. London: Longman.

정재명(鄭載明): 미국 Arizona State University에서 행정학 박사학위를 취득하고 현재 경상대학교 행정학과 교수(경상대학교 인권사회발전연구소 전문연구원)으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 인사행정, 공무원노사관계, 행정윤리, 행정이론, 행정효율성 등이다(jmyung94@gnu.ac.kr).

〈논문접수일: 2019. 7. 17 / 심사개시일: 2019. 7. 18 / 심사완료일: 2019. 8. 9〉

Abstract

An Analysis on the Efficiency and the Productivity of Garbage Disposal Service in 16 Metropolitan Governments

Jung, Jae-myung

his research aims to measure the efficiency and the productivity on garbage disposal service in 16 metropolitan governments, using Super-Efficiency Measures(SEM) and Malmquist Productivity Index(MPI). The study shows that the average efficiency score of the 16 metropolitan governments were 0.782; and the most efficient governments among them were Seoul and Gwang-ju. This result presents that the main reason to cause their inefficiency was Scale Efficiency; and as to Malmquist Productivity Index, their average MPI was 0.9684 during the period 2008-2017 year and their inefficiency was mainly caused by Pure Technical Efficiency. The metropolitan government increased in both efficiency and MPI was only 1 metropolitan government(Seoul-city), whereas those decreased in both indexes were 6 governments. This implies that as to the abovementioned 6 governments, the approach to improve both the efficiency and MPI is to increase the size of the garbage disposal service.

Key Words: Environment Administration, Garbage Disposal Service, DEA, SEM, MPI