



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경 제 학 박 사 학 위 논 문

비소망재를 고려한 시도별 식품제조업의
생산 효율성 분석에 관한 연구



2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

응 용 경 제 학 과

김 중 천

경 제 학 박 사 학 위 논 문

비소망재를 고려한 시도별 식품제조업의
생산 효율성 분석에 관한 연구

지도교수 박 철 형

이 논문을 경제학박사 학위논문으로 제출함.

2017년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

응 용 경 제 학 과

김 중 천

김종천의 경제학박사 학위논문을 인준함.

2017년 2월 일

주 심 경제학박사 신용민 (인)

위 원 경제학박사 최치훈 (인)

위 원 경제학박사 남종오 (인)

위 원 경제학박사 이선영 (인)

위 원 경제학박사 박철형 (인)

◆ 목 차 ◆

I. 서론	12
제1절 연구의 배경 및 목적	12
1. 연구의 배경	12
2. 연구의 목적	14
제2절 연구의 범위 및 방법	16
1. 연구의 범위	16
2. 연구의 방법	17
II. 선행연구	22
제1절 이론 연구	22
1. 생산성 측정 방법론	22
2. 비모수적(Nonparametric) 생산효율 측정	25
제2절 실증 연구	28
1. 맘퀴스트 생산성 지수 적용	28
2. 맘퀴스트-루엔버그 생산성 지수 적용	29
III. 분석모형 설정	34
제1절 생산성 변화의 측정 원리	34
1. 효율성	34
2. 생산함수와 효율성과의 관계	38
3. 생산성 변화 측정의 원리	39
제2절 비소망재 분석모형	44
1. 비소망재의 의미와 특징	44
2. 모형의 개요	46

제3절 분석모형의 설정-----	53
1. 효율성 분석모형-----	53
2. 방향거리함수의 정의-----	54
3. 생산성 변화 분석모형-----	56
4. 동질성 검정모형-----	63
5. 산출손실액 분석모형-----	64
6. 규모수의 평가모형-----	66
IV. 분석자료와 추정방법 -----	69
제1절 분석자료-----	69
1. 표본과 변수의 선정 기준-----	69
2. 식품제조업과 비소망재의 표본과 변수의 선정-----	71
3. 분석자료의 개요-----	74
제2절 추정방법-----	77
1. 생산성-----	77
2. 생산성 지수-----	79
V. MPI와 MLPI를 이용한 생산성 지수 추정 결과 -----	82
제1절 MPI를 이용한 생산성 지수 추정-----	82
1. 주요 도시 및 기타 도시 누적지수 변화 추이-----	82
2. 시계열별 평균 생산성 지수 추정-----	94
3. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 추정-----	96
4. 주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석-----	98
제2절 MLPI를 이용한 생산성 지수 추정-----	100
1. 주요 도시 및 기타 도시 누적지수 변화 추이-----	100
2. 시계열별 평균 생산성 지수 추정-----	111
3. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 추정-----	113
4. 주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석-----	115
5. MPI와 MLPI를 이용한 생산성 지수 종합 비교-----	116

제3절 MPI와 MLPI의 생산성 지수 동질성 분석 결과 비교-----	120
1. 시계열별 평균 생산성 지수 동질성 분석 결과-----	120
2. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 동질성 분석 결과---	121
제4절 산출손실액 추정-----	122
1. 미세먼지와 질소산화물 동시적 고려한 산출손실액-----	122
2. 질소산화물 고려한 산출손실액-----	123
3. 미세먼지 고려한 산출손실액-----	125
4. 시계열별, 핵심 도시별 산출손실액 크기 비교-----	126
제5절 규모수익 평가-----	128
VI. 결론 -----	130
참고문헌-----	140



◆ 표·그림목차 ◆

<표 2-1> 맘퀴스트 생산성 지수를 적용한 대표적인 국내·외연구-----	18
<표 2-2> 환경규제 및 환경오염방지 지출이 생산성에 미치는 영향 국내·외연구-----	22
<표 2-3> 오염저감활동을 생산량 증가로 간주한 편익 측면 영향 국내·외연구-----	22
<표 3-1> 오염물질을 고려한 생산성지수 분해 및 해석-----	51
<표 3-2> 규모수익 평가 기준-----	57
<표 4-1> 식품제조업 17개 DMU별 투입·산출 자료 및 출처-----	62
<표 4-2> 식품제조업 한국 산업 표준 분류-----	63
<표 4-3> 분석자료의 기술통계 특성-----	65
<표 5-1> MPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 개별지수의 누적지수 비교-----	76
<표 5-2> 시계열별 평균 MPI-----	84
<표 5-3> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI-----	86
<표 5-4> MLPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 개별지수의 누적지수 비교-----	93
<표 5-5> 시계열별 평균 MLPI-----	101
<표 5-6> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MLPI-----	103
<표 5-7> 시계열별 평균 MPI, MLPI 비교-----	106
<표 5-8> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI, MLPI 비교-----	108
<표 5-9> 시계열별 평균 MPI, MLPI 동질성 분석결과-----	110
<표 5-10> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI, MLPI 동질성 분석결과-----	110
<표 5-11> 주요 도시 및 기타 도시의 PM10과 NOx 산출손실액-----	112
<표 5-12> 주요 도시 및 기타 도시의 NOx 산출손실액-----	113
<표 5-13> 주요 도시 및 기타 도시의 PM10 산출손실액-----	114
<표 5-14> PM10과 NOx의 산출손실액 합계 크기 비교-----	115
<표 5-15> 4개 핵심 지역 PM10과 NOx의 산출손실액 크기 비교-----	116
<표 5-16> 규모수익 평가 변화-----	118
<표 5-17> 규모수익별 발생 빈도-----	118

[그림 1-1] 연구방법 흐름도-----	10
[그림 2-1] 비모수적 생산효율 측정 주요 연구자 계보-----	16
[그림 3-1] 효율성과 효과성-----	23
[그림 3-2] 효율성, 기술적 효율성, 규모의 경제-----	29
[그림 3-3] 처분성에 따른 효율의 크기 비교-----	39
[그림 3-4] DEA의 규모수익 프론티어-----	41
[그림 3-5] 오염물질 포함 시 생산성 변화 측정-----	44
[그림 3-6] 규모수익과 등생산량곡선-----	56
[그림 4-1] 분석자료 및 추정방법-----	70
[그림 5-1] MPI를 이용한 주요 도시 누적지수 세부 비교-----	79
[그림 5-2] MPI를 이용한 기타 도시 누적지수 세부 비교-----	82
[그림 5-3] MPI를 이용한 시계열별 평균 생산성 지수-----	85
[그림 5-4] MPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수---	87
[그림 5-5] MPI를 이용한 주요 도시와 기타 도시 기술 Catch-up Gap---	88
[그림 5-6] MLPI를 이용한 주요 도시 누적지수 세부 비교-----	96
[그림 5-7] MLPI를 이용한 기타 도시 누적지수 세부 비교-----	99
[그림 5-8] MLPI를 이용한 시계열 평균 생산성 지수-----	102
[그림 5-9] MLPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수--	104
[그림 5-10] MLPI를 이용한 주요 도시와 기타 도시 기술 Catch-up Gap--	105
[그림 5-11] 시계열별 평균 MPI, MLPI 비교-----	106
[그림 5-12] 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI, MLPI 비교-----	109

A Study on the Analysis of Food Manufacturers Productivity Efficiency in Korean Cities and Provinces Considering Undesirable Output

Jong Cheon Kim

Department of Applied Economics, The Graduate School
Pukyong National University

Abstract

The purpose of this study is to carry out comparative analysis on the productivity and the productivity changes in the city in cases of including undesirable outputs taken into consideration and the case where it is not considered. To achieve the purpose of this study, conducted studies are as below.

First, I want to find out the difference between the productivity considering undesirable output and the general productivity. To achieve more deliberate results than previous studies, I divided MLPECI and MLSECI which are ingredients of MLTECI simultaneously using both CRS and VRS

Second, I want to find out which subsentece affects higher on cities according to the effort of reducing emissions for pollutants such as nitrogen oxides and fine dust. To achieve this, I estimate the output losses that need to give up as reducing emissions for pollutants by using strong-disposability and weak-disposability.

Lastly, if the output losses estimated low, there is no guarantee that those cities are operated at optimal levels. Through simultaneous comparison between CRS, VRS and NIRS using constraints on optimal levels, I estimate returns to scale to see whether cities are being operated at optimal levels.

The study estimates MLPI using nitrogen oxide(NOx), fine dust(PM10), and also estimates MPI which is not applied in Korea during the six years from 2008 to 2013. Then, by comparing and analyzing the two indexes, the study examined whether major cities in Korea are achieving sustainable production and growth by considering the amount of undesirable output emissions when producing goods. The results of the study are as follows.

First, the MPI's geometric mean is 0.9988 from 2008 to 2013 without considering undesirable outputs. Thus it is estimated to be semi-efficiency because there is 1% productivity declines averagely.

Second, there is a productivity efficiency because the estimated result of geometric mean of MPIL index according to the average productivity index per time-series is estimated as 1.0249 during analysis period from 2008 to 2013 considering undesirable outputs. There is a productivity efficiency through technical combining input and output regarding operating food manufacturer because MLTECI, technical efficiency changes index, is estimated as 1.0152. Thus it is seem to be changed as 1.5% increases in efficiency. On the other hand, MLTCI, ML Technical Changes Index, is seem to have a productivity efficiency because it is estimated as 1.0003, and enhanced slightly around 0.03%. Therefore, the reason why annual average 2.4% increases of total factor productivity considering undesirable output are seem to be caused slightly by technical efficiency. Although MLTECI has a productivity efficiency, the reason why it is seem to have aspects of less changes relatively is that the composition factor, MLSECI, is estimated as 1.0070.

Third, when comparing two before and after indexes considering undesirable output during the analysis period, average MLPI is estimated 2.6%, 1.6% higher than MPI perspective in time-series and cities(DMUs). When the study compares the difference between the two indexes by city, the city with the most difference is Gangwon-do, where the growth rate gap is 19.6%. The absolute average of the difference between cities is 3.3%.

Fourth, during the six-year analysis period, the sum of the total output loss of cities, taking into consideration both fine dust and nitrogen oxides, is 11.3196 trillion won and the city average is 665.8 billion won. Gyeonggi do in

2008, 2010~2013, and Jeollabuk do in 2009 showed the largest output loss by major cities except the whole country. The city with the largest average output loss in the 6 year analysis period is Gyeonggi do, and the city with zero is Daejeon city and Ulsan city. During the entire six year analysis period considering nitrogen oxides, the total output loss is 12.6393 trillion won and the city average is 744billion won. The city with the largest average output loss during the analysis period is Gyeonggi do, and the cities with 0 are Daejeon city and Ulsan city. During the entire six year analysis period considering fine dust, the total output loss is 16.5783 trillion won and the city average is 973.4billion won. The city with the largest average output loss during the analysis period is Gyeonggi do, and the cities with 0 are Daejeon city and Ulsan city, and the results are similar to previous results.

This study gives a chance to experimentally use methodology which has been applied to related studies such as environmentology, environmental economics, business administration, but has not yet been applied to food area. In other words, this study will give next researchers a chance to collect, approach, utilize, grasp, enhance statistics data since it introduces concepts or mathematical programming using economics and environmental area away from study on present condition in food manufacture area and consider existing formula and horizontal connection between informal statistics. Above all, all things considered, this study can carry an important meaning.

Key words : Malmquist-Luenberger Index, Directional Distance Function,
Environment, Data Envelopment Analysis, Food manufacture.

I. 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

식량은 선사시대부터 현대에 이르기까지 모든 사회에서 경제의 기초를 이루고 있다. 특히 식품은 모든 소비재 중에서도 생존을 위해 없어서는 안되는 점에서 식량경제의 특별한 위치에 있다. 즉 편리한 생활과 마음의 풍요에 앞서, 안전하고 충분한 먹거리가 보장되지 않으면 아무런 의미가 없기 때문일 것이다. 그리고 지난 세기, 인구증가와 산업혁명을 거치면서 식량이 확대재생산 됨에 따라 세계식량의 불안정성과 자본화로 식품은 영양공급의 원천에서 거래 가능한 상품으로까지 인식되고 있다. 그러나 이처럼 중요한 위치를 차지하고 있는 식품경제는 생산 과정에서 발생시키는 오염물질 처리와 같은 환경적인 요소로 인해 성장의 한계에 직면하고 있다.

우리나라의 경우에도 1960년대 이전에는 생산 활동이 1차 산업 중심이었기 때문에 식량생산으로 인한 환경오염의 문제가 크게 고려되지 않았다. 1960년 초반 이후의 산업화 과정을 거치면서 식량을 원료로 한 식품제조 과정에서 발생하는 오염원 처리가 제대로 이루어지지 않아 토양과 수질, 대기오염을 증가시켜왔지만 국가 제조업부문에서는 식품제조업의 이 같은 문제에 대해 심각성을 크게 인식하고 있지는 않았다.

1992년 유엔환경개발회의(UNCED)에서 ‘지속가능 발전’이라는 개념이 제시되고, 기후변동에 관한 정부 간 패널(IPCC)의 보고서가 지구 온난화를 유발하는 전통 산업을 통한 발전의 한계를 지적하였다. 이후 세계식량경제가 지속적인 성장을 위해서는 환경적 요소를 고려한 위해 요소가 없는 보다 안

전한 식품생산에 대한 인식과 보다 적극적인 실천을 요구하고 있으며, 이를 위한 식품생산과 관련된 외부불경제에 관한 2가지 핵심적인 요인을 관리사항으로 지적하고 있다. 그 하나는 식품의 제조와 판매 과정에서 오수나 잔반 등 여러 가지 바람직스럽지 않은 재화(폐기물)를 배출하지만, 정당한 대가를 지불하지 않고 푸드시스템의 외부에 버려지는 식품쓰레기와 식품패키지 처리에 관한 것이고, 다른 하나는 생산 과정상에서 발생하는 수반 생산물인 미세먼지(PM10)나 질소산화물(NOx) 등과 같은 오염물질 등의 배출 감시와 저감에 관한 것을 들 수 있다(신의순, 2005, 토코야마 히로미, 2000). 그런데, 둘째 요인인 오염물질들은 인간의 건강 및 보전에 치명적인 영향을 끼쳐 경제활동의 장애를 유발하여 전체 총생산성을 저해할 수 있는 비소망재로 분류되어 특별히 주목받고 있다. 그러나 식품 생산의 사전적 안전성을 고려하여 이러한 요인들을 고려한 국가 전체적인 도시별 생산성 측정은 사회과학에서는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

현재 세계 각국은 과거의 양적 성장 위주 방식을 지양하고 경제성장과 동시에 환경과 생태를 고려하는 시스템 개발을 통한 지속적 발전을 추구하고 있다. 또한 이를 과학적으로 뒷받침 해 줄 보다 적절한 새로운 평가지표 개발을 위한 방법론에 대한 연구도 부문별로 이루어지고 있다. 그러나 녹색성장 및 지속가능한 발전이라는 화두가 인접 산업이나 학문에서 보다 실증적으로 연구·적용되어지고 있음에도 아직까지 식품제조업에 대한 생산성에 대한 연구는 현황분석이나, 발전된 형태로는 산업연관분석 정도가 주류를 형성하고 있다고 할 수 있다. 더욱이 환경변수를 고려한 연구나 이를 통한 도시별 생산성 비교에 관한 실증분석 연구는 거의 없는 실정이고, 있다고 하더라도 대부분 전체 제조업 및 인접 산업에 대한 생산성 내지 단일 도시를 대상으로 한 경우가 있을 뿐이다. 이러한 연구 제한성의 원인은 통계자료의 미비나 자료의 누락, 정부통계와 유관기관과의 연결이나 상이성으로 인한 불신과 미공

개, 여타 학문분야에 대한 이해의 부족, 접근의 난이성과 무관심 등을 꼽을 수 있다.

전통적인 연구들은 식품제조업 생산의 생산성과 기술효율 측정에 바람직한 오염방지 활동을 고려해 놓지 못함으로써 산업의 진정한 생산성을 반영하지 못하고 있다는 비판을 받고 있다. 따라서, 비소망재를 고려한 식품제조업의 기술효율성과 생산성 증가는 경제성장의 지속가능성을 보여주는 지표일 뿐만 아니라 산업의 경쟁력을 결정하는 요소이기 때문에 이들의 정확한 측정은 식품제조업, 식품 산업, 나아가 국가 생산성 평가의 주요한 키워드라고 할 수 있다. 다행히, 최근 들어 생산성에 영향을 주는 중요한 요소의 하나로 환경변수를 고려한 기술효율성과 생산성 성장을 측정하는 것이 보다 현실에 적합한 지표로 인식되고 있다.

따라서, 바람직스럽지 않은 산출물(Undesirable Outputs)을 고려한 생산성의 변화, 환언하면 외부성(Externality)을 유발하는 물질을 고려한 생산성 변화의 측정이 보다 정확하고 현실적인 생산성 측정이 될 수 있다. 나아가, 식품제조업의 지속가능한 성장, 녹색성장이라는 화두에 접근하는 보다 실질적인 분석 대안이 될 수 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 바람직스럽지 않은 산출물을 고려한 한국의 식품제조업의 생산성 성장, 기술효율, 비소망재 감축 효과를 측정하기 위하여 식품산업(식품제조, 외식, 식재료, 식품기계, 포장재업, 식품유통) 중 협의의 식품제조업(식료품+ 음료)으로 범위를 축소하여 이에 대한 세 가지 형태의 기술효율(기술효율, 규모효율, 순수효율)과 기술진보, 생산성 성장지수와 그 변화요인을 계측해 보고자 함에 있다.

첫째, 기존의 기술효율과 생산성을 대체하여 바람직스럽지 않은 재화인 대기 중 NO_x(질소산화물)과 PM₁₀(미세먼지)를 감안한 기술효율과 생산성을 계측함으로써 지속가능한 생산성의 정도를 측정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

둘째, 비소망재를 감소시키는 것이 긍정적인 생산 활동의 중요한 한 측면으로 간주하고 비록 산출물이 증가하지 않는다 하더라도 비소망재를 줄이는 도시에 높은 가치를 부여하거나 혹은 산출물을 증가시키는 동시에 비소망재를 감소시킬 수 있는 기술효율과 생산성 성장지수를 제시하고자 한다.

셋째, 비소망재를 바람직하지 않은 산출물로서 간주하고 생산물 생산에 포함시켜서 생산성을 측정하고자 한다. 그러나 전통적인 총요소 생산성 측정방법이 아니라 생산성 성장의 대안적인 측정방법의 하나로서 맘퀴스트 생산성 지수(Malmquist Productivity Index: MPI)에 기초한 방법론인 맘퀴스트-루엔버거 생산성 지수(Malmquist-Luenberger Productivity Index: MLPI)의 실증결과를 제시하고자 한다.

넷째, MPI와 MLPI의 생산조건인 자유조건과 제약조건을 이용한 시계열별 도시별로 비소망재 감축시 발생하는 저감 비용을 측정하고, 규모수익 변화를 측정할 것이다.

따라서, 본 논문은 비소망재를 고려하지 않은 MPI와 고려한 MLPI를 이용하여 생산성에 미치는 요인을 파악하고 도시별 차이 및 변화 양상을 분석하는 데 있다.

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

도시별 식품제조업의 생산성을 평가하기 위해 도시를 해당 지역에 입지해 있는 투입물을 이용하여, 가능한 한 효율적으로 산출물을 생산하여 지역의 부가가치를 극대화하고자 하는 목적을 지닌 생산단위라고 정의한다. 생산성을 주어진 투입물을 이용하여 산출물을 만들어낸 정도라 한다면, 도시별 식품제조업 생산성은 도시라는 공간위에서 주어진 투입물을 이용한 산출물 생산 활동을 측정할 것이라 할 수 있다¹⁾.

우리나라의 주요 도시(특광시 단위)와 기타 도시(도 단위)를 대상으로 충분한 시계열 자료를 확보하여 분석하는 것이 타당하지만 자료의 제약으로 시간적, 공간적 범위를 다음과 같이 제한하였다.

연구의 시간적 범위는 2008~2013년이며, 이는 세부항목에 대한 시·군별 지역내총생산(GRDP) 및 부가가치가 1990년대 중반 이후에 구축되기 시작하였고, 시·군별 대기오염물질 배출량은 1999년부터 구축되기 시작하여 2016년 현재 2013년까지의 자료만 공표되어 있기 때문이다.

공간적 범위인 주요 도시는 행정구역상 광역대도시와 기초자치단체인 시·군·구 가운데 시(市)와 기타 도시는 도를 말한다. 이 중 연구 목적에 맞는 자료가 구축되어 있는 도시 중 17개(서울, 6개 광역시, 경기도, 강원도, 충남, 충북, 전남, 전북, 경남, 경북, 제주도, 전국)를 대상으로 한다.

1) 본 연구에서도 김미숙(2007) 연구에서 제시한 도시 정의를 적용함.

2. 연구의 방법

본 연구에서는 기본적으로 자료포락분석기법(Data Envelopment Analysis: DEA)과 방향거리함수를 이용하여 생산성을 측정한다. DEA는 투입물과 산출물의 관계를 집합형태로 표현하기 때문에 산출물이 여러 개 있는 경우의 생산성 및 생산성 변화를 구할 수 있다. DEA는 모든 생산단위들의 투입물 또는 산출물이 같아지도록 정규화한 후 가장 뛰어난 실적을 나타내는 생산단위들로 프런티어를 구성하여 그렇지 못한 생산단위들부터 프론티어까지의 거리를 구한 값으로 생산성을 나타낸다²⁾.

DEA는 여러 가지 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)를 평가대상으로 하고 있다. 이러한 DMU를 대상으로 하는 DEA는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

첫째, 투입요소와 산출요소가 다양하여 하나의 효율성 지수로 표현하기 힘든 경우에 유용하게 사용할 수 있다.

둘째, 투입요소와 및 산출요소의 가중치는 생산성을 도출하기 위해 만든 선형계획식에서 계수에 해당하는데, 외부에서 연구자가 결정하는 것이 아니라 모든 생산단위마다 가장 유리한 값을 갖도록 구성한다.

셋째, 투입요소와 산출요소에 대한 가중치를 직접 추정하여 DMU의 효율성을 추정하기 때문에 사전에 투입요소와 산출요소에 대한 지식이나 규정이 불필요하다.

넷째, 모집단의 평균치를 이용하는 회귀분석과는 달리 효율적인 DMU의 개별적인 관찰에 초점을 둬므로써 개선 가능성에 대한 유용한 정보를 제공한다.

다섯째, 공공부문의 경우 투입요소나 산출요소의 가격을 파악하기가 어려운 경우가 많으므로 계량화하기 어렵다는 문제를 해결할 수 있다. 즉 투입물

2) 박만희, (2008). 효율성과 생산성 분석, KSTDUY, pp.83~84, 재구성함.

과 산출물을 가격으로 전환하지 않고 단위를 그대로 이용하면서 생산성을 구할 수 있다. 이러한 장점이 있기 때문에 가격을 구하기 어려운 자연자원 및 환경오염물질이나 금전으로 전환하기 어려운 행정서비스 등을 투입요소 또는 산출요소로 하는 생산단위들의 생산성 평가에 많이 적용하고 있다.

DEA는 이상과 같은 많은 장점을 가지고 있지만 또한 몇 가지 문제점도 지니고 있다.

첫째, 모델에 이용된 변수들에 따라 DMU의 상대적인 효율치가 달라질 수 있다. 특정 DMU의 독특한 산출변수가 평가모델에 포함될 경우 비교기준의 대상 DMU가 존재하지 않거나 상대적으로 우위에 있게 되어 유리한 결과를 얻게 된다.

둘째, DEA에서 이용되는 자료에서 비롯되는 한계점이다. 모델에 이용되는 실증자료에 통계적 오류가 포함되어 있을 경우 DEA 결과는 동 오류가 미치는 효과를 포함하게 된다.

셋째, DEA 모델이 갖는 본질적인 특징에 기인한 한계이다. DEA는 상대적인 효율성 평가모델이므로 DEA에서 효율적인 단위로 평가된 DMU라 하더라도 개선의 여지가 없는 절대적인 효율단위로 간주하여서는 안 된다.

넷째, DEA의 모델은 개별 DMU에 대해서 독립적인 LP(Linear Programming) 문제를 생성시키기 때문에 DMU 수가 증가하면 계산량도 증가한다.

다섯째, DEA는 정점(Extreme Point)을 이용한 기법이므로 측정오차 문제를 야기할 수 있고 비모수적 기법이므로 통계적 가설검증이 어렵다.

본 연구의 방법을 보다 구체적으로 말하자면, 도시생산성 및 시간 흐름에 따른 생산성변화를 파악하기 위해 생산성 측정에 관한 분석모형을 검토하고 이를 바탕으로 선형프로그램을 구성하여 생산성 및 생산성 변화 값을 추정하고 분석하는 것이다.

도시생산성을 비교 분석할 때, 생산성과 생산성 변화라는 두 가지 척도를 이용한다. 연구에서 사용하는 생산성, 생산성 변화의 개념은 다음과 같다. 일반적으로 생산성이란 생산과정에서 투입물에 대한 산출물의 비율이라는 의미로 사용하며, 상대적인 생산성을 말한다. 상대적 생산성이란 투입산출 구조가 유사하면서 생산성이 가장 높은 도시를 기준으로 나타낸 생산성을 말한다. 본 연구에서 상대적 생산성은 개선해야 할 여지를 나타낸다. 따라서 상대적 생산성이 가장 높은 도시는 개선해야 할 여지가 없으므로 생산성은 '0'을 갖는다. '0'이외의 값은 생산성이 가장 높은 도시와 비교할 때 투입물을 동일하게 했을 때, 자원을 효율적으로 사용하여 산출물을 늘려야 하는 정도, 오염물질을 줄여야 하는 정도를 나타내며, 값이 '0'에 가까울수록 생산성이 높고 개선해야 할 여지가 적은 도시이며 값이 클수록 생산성이 낮은 도시라 할 수 있다. 상대적 생산성이 한 시점에서 도시들끼리 비교한 값인데 비해, 생산성 변화는 시간 흐름에 따른 개별 도시의 생산성이 전년대비 증가하였는지 감소하였는지를 나타내며 생산성 지수로 표현한다. 즉, 이 연구에서는 생산성 지수를 통해서 도시별 생산성 변화를 비교 평가한다³⁾.

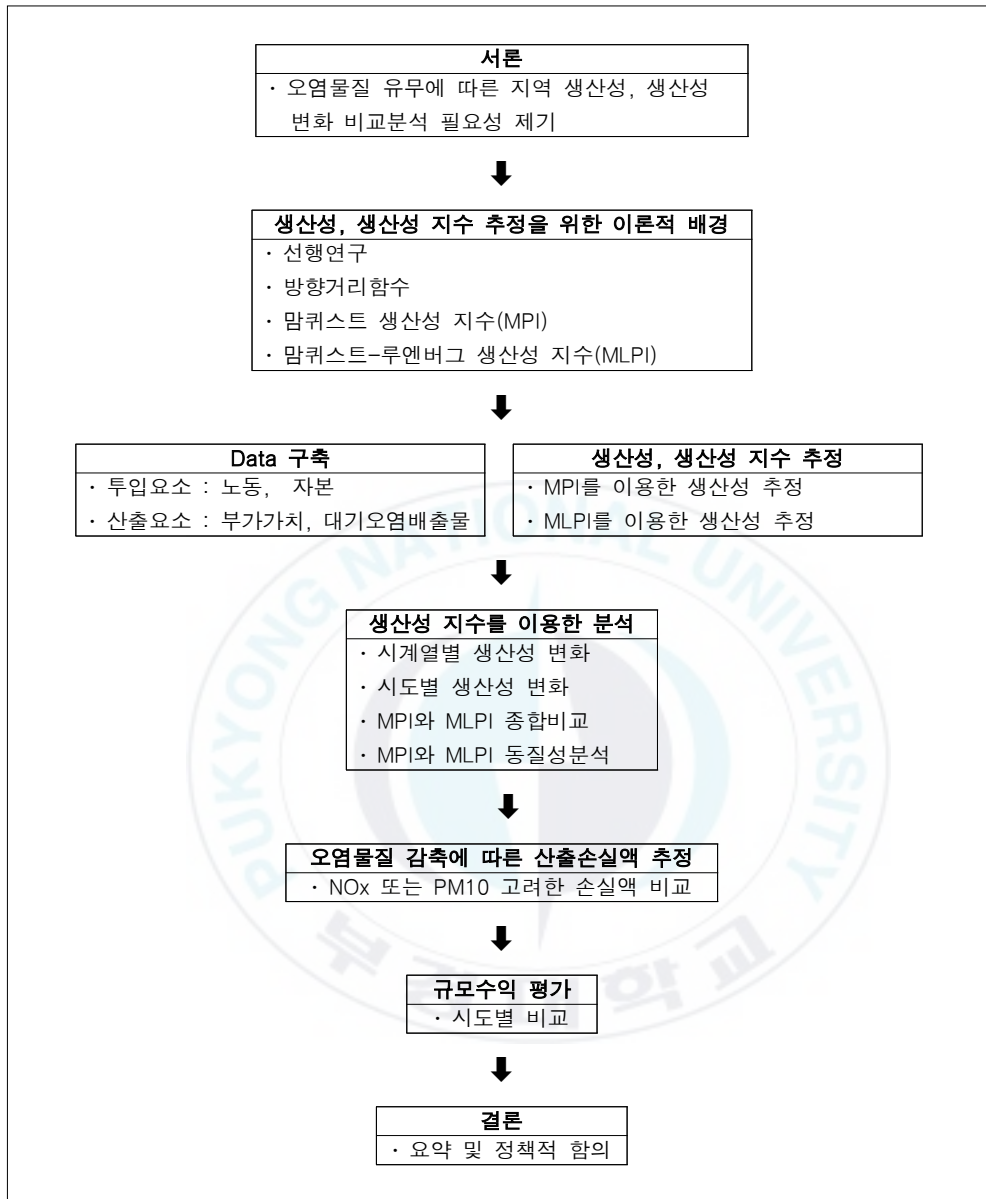
본 연구에서 비소망재를 고려한다는 것은 도시의 상대적인 생산성을 구할 때 분석대상 도시보다 비소망재는 적게 배출하고, 산출물은 많이 생산한 도시를 기준으로 측정한다는 것이다. 산출물을 더 많이 생산하고, 비소망재는 더 적게 배출한 방향으로 벡터를 구성하여 가장 우수한 도시와의 거리를 구하는 것을 방향거리함수라 한다. 이렇게 하면 상대적으로 비소망재 배출량이 적고, 산출물이 많은 도시가 생산성에서 유리한 평가를 받게 된다. 생산성 변화를 추정할 때는 전년대비 산출물이 증가하면서 비소망재가 줄어든 비소망재 감소에 대해서도 산출물 증가와 마찬가지로 생산성이 증가한 것으로 인정해준다는 것이다. 이렇게 생산성 변화를 구하는 것을 맘퀴스트-루엔버거

3) 본 연구에서도 김미숙(2007)에서 규정한 개념을 동일하게 적용함.

생산성 지수(Malmquist-Luenberger Productivity Index: MLPI)라 한다. 비소망재를 고려하지 않는 기존의 방식대로 바람직한 산출물 증감에 의한 생산성 변화를 구할 때는 매클리스트 생산성 지수(Malquist Productivity Index: MPI)를 이용한다.

그리고 개별 도시들의 규모수익 평가와 도시들이 비소망재를 줄이는데 부담을 가지고 있는지 그렇지 않은지를 판단하기 위해 비소망재를 고려한 모형에서 비소망재를 줄일 때 산출물을 희생시키지 않는 경우와 희생시켜야 하는 경우의 생산성 차이를 이용하여 비소망재 저감에 따른 산출손실 정도를 파악한다.

본 논문의 전체적인 흐름은 다음과 같다. 2장에서 생산효율성 추정과 관련된 선행연구를 검토하고, 3장에서는 생산성 추정을 위해 기존 모형 가운데 비소망재를 산출물로 포함하여 분석할 수 있는 DEA기법의 소개와 분석모형을 설정하고, 4장에서는 우리나라 17개 도시들을 대상으로 생산성과 생산성 변화를 추정하기 위해 투입요소 및 산출요소 자료를 구축하고 3장에서 설정한 분석모형을 바탕으로 본 연구에서 사용할 추정모형을 세운다. 5장에서는 비소망재를 고려하지 않을 때(MPI), 고려할 때(MLPI) 우리나라 도시들의 생산성 및 생산성 변화 추정하고, 그 결과를 이용하여 동질성 유무, 도시별 산출손실액 추정, 규모수익평가를 분석한다. 6장은 결론으로 연구결과와 요약 및 정책적 함의, 연구의 한계 및 향후 과제를 제시한다. 본 연구과정의 흐름도는 [그림 1-1]과 같다.



[그림 1-1] 연구방법 흐름도

II. 선행연구

제1절 이론 연구

1. 생산성 측정 방법론

총 요소 생산성을 추정하는 방법에는 크게 계량학적인 방법론과 수리적 프로그래밍(Mathematical Programming)에 의한 방법론으로 구별할 수 있다. 계량경제학적인 기법에 의해 모수적인 생산함수(Parametric Function)를 추정해서 생산성을 측정하는 방법은 주로 회귀식을 이용하기 때문에 자료의 평균개념에 입각한 생산함수를 추정하게 된다. 즉, 추정대상 경영·경제주체의 관찰치(Observations)의 평균값을 통과하는 생산함수를 추정하게 된다. 따라서, 강운영(1998)은 생산함수 위에 위치하고 있는 경제주체의 생산성은 측정된 생산성보다 높은 것은 사실이지만 이러한 추가적인 생산성은 잔차항이나 우연으로 간주될 수 밖에 없으며, 비용함수를 추정하는 경우에도 추정된 비용함수 밑에 위치하고 있는 경제주체의 비용 효율성에 대해서도 설명하기 어렵다는 단점을 들어 동일한 문제점을 지적하고 있다.

Battese and Coellie.(1992, 1995)는 계량경제학적인 방법론의 또 다른 단점으로는 연구자가 사전에 결정한 생산함수의 형태에 의해서 생산성에 차이가 발생할 가능성이 높다는 점을 지적하고 있다. 예를 들면 Cobb-Douglas 생산함수는 통계적인 추정이 용이한 반면 기술적 대체율(Rate of Technical Substitution)이 불변이거나 대체탄력도(Elasticity of Substitution)를 1로 제한해야 하는 단점이 있으며, 초월대수함수(Translog Function)는 융통성을 지닌 함수이지만 자유도(Degree of Freedom)와 다중 공선성(Multicollinearity)의 문제점을 내포하고 있

다는 것이다. 이외에 다양한 형태의 함수가 사용될 수 있지만 함수형태의 선정에 의해 생산성에 차이가 발생할 수 있는 단점은 극복되지 못하고 있다.

계량경제학적 기법에 의한 방법론과는 달리 비모수적 기법에 의해 생산함수를 추정함으로써 생산성을 측정하는 대표적인 방법으로는 지수 방법론이 있다.

Coellie et al.(1998)⁴⁾과 김영식(2001)에 의하면 동 방법론에 대해서 사전에 생산함수 형태를 결정하지 않아도 될 뿐만 아니라 시장구조에 대한 가정도 필요로 하지 않고 있다는 점과 두 기간 혹은 다수 기간의 생산성 변화를 측정하는데 사용할 수 있다는 점, 동일 기간의 다양한 지역의 경제주체간의 생산성 차이를 측정하는 데 사용될 수 있는 장점을 들고 있다.

박창수(2004)는 지수 방법론을 크게 가격자료를 사용하는 가격지수와 물량자료를 사용하는 물량 지수의 2가지로 정리 하였다. 가격지수에는 라스파이레스(Laspeyres)지수, 파쉐(Paasche)지수, 피셔(Fisher)지수, 톨퀴비스트(Tornqvist)지수로 구분하고, 물량지수로는 솔로우의 성장계정 잔차법의 단점⁵⁾을 보완한 맘퀴스트 생산성 지수(Malmquist Productivity Index: MPI)와 맘퀴스트 루엔버거 생산성 지수(Malmquist Luenberger Productivity Index: MLPI)로 구분 하고 있다⁶⁾.

Catherine and Morrison.(1999)는 이와 같은 지수에 대해서 다음과 같은 문제점을 지적하였다. 즉 투입요소 시장이나 산출물 시장에서의 시장 지배력(Market Power)을 이용하여 완전경쟁 가격에 비하여 높은 가격이 형성 될 수 있기 때문에 시장구조의 형태에 의해 결정되는 불완전 경쟁 가격을 사용함으로

4) 모수적 접근방법과 비모수적 접근방법의 장단점은 Coellie, Rao, and Bettese(1998)을 참조함.

5) 솔로우가 제시한 성장계정 잔차법(Growth Accounting Method) 혹은 성장회계 분석방법은 관찰된 산출량이 최적산출량이라는 전제하에 생산량을 분석하고 생산요소들의 성장에 대한 기여율 분석에 관심을 둔다. 그러나 생산활동이 매 시점마다 효율적으로 이루어지지 않는다는 점을 고려하면 관찰된 산출량이 최적산출량을 보장할 수 없다는 문제점을 지적할 수 있다. 이 때문에 1990년대 중반 이후부터는 총요소생산성의 증가율을 추정하는 방법으로 맘퀴스트 생산성 지수가 자주 사용되고 있음(박만희, 2008).

6) Luenberger는 그의 편익함수(Benefit Function)를 일반 균형 모델과 외부성을 포함하여 경제학의 다양한 영역에 적용했다. 방향산출거리함수는 Luenberger에 의해 소개된 편익 함수의 산출지향방식임. 자세한 내용은 Luenberger(1995a,b)를 참조함.

써 생산성 측정이 왜곡될 가능성을 배제할 수 없고, 이러한 가격을 사용할 경우 생산량의 증가 없이 가격상승으로 인한 생산성 증가가 발생할 수 있는 문제점이 있다는 것이다.

Fare et al.(1994, 1995)는 물량지수에 대해 다음과 같은 장·단점을 지적하고 있다. 즉 불완전한 경쟁구조에서 발생하는 가격 왜곡에 따른 생산성 왜곡이 발생할 가능성은 없으나 물량지수의 종류에 따라 그 사용에 제한을 받게 될 수 있다. 그러나 맘퀴스트 지수는 산출물과 투입물 거리함수(Output and Input Distance Function)를 모두 사용할 있으며, 산출물 거리함수를 이용할 경우 경제주체의 생산성은 주어진 투입요소를 사용하여 산출물을 증대시킬 수 있는 정도를 나타내기 때문에 투입요소를 조정할 수 있는 여지는 배제되며, 투입물 거리함수를 이용한 맘퀴스트 지수의 경우에는 주어진 산출물을 생산하기 위한 투입물 감축 정도를 보여주기 때문에 산출물의 조절 역시 배제되는 단점이 있다는 것이다.

이에 반해 루엔버거 생산성 지수는 Luenberger(1995)의 편익함수(benefit function)를 일반 균형 모델과 외부성을 포함하여 경제학의 다양한 영역에 응용한 것으로 Chung, Fare and Grosskopf(1997)에 의해 맘퀴스트 생산성 지수와 방향거리함수의 적용으로 맘퀴스트-루엔버거 생산성 지수(Malmquist-Luenberger Productivity Index: MLPI)로 발전한 것이다. 이는 방향성 생산 거리함수를 이용할 수 있기 때문에 산출물과 투입물을 동시에 조절 가능한 정도를 나타내주고 있다⁷⁾. 예를 들어 바람직스럽지 않는 산출물(Bad Output)인 대기가스(질소산화물, 미세먼지)를 줄이고, 유익한 산출물(Good output)인 부가가치, 소득을 증대시키려는 노력 즉 정책수단이나 해당 제조업의 생산성에 미치는 영향을 측정하기 위해서, 지역단위의 지속적 성장가능성 측정을 위해서는 투입물과 산출물의 조정 여지를 동시에 보여 줄 수 있는 방향성 생산 거리함수를 사용하는 것이 바

7) 방향산출거리함수는 Luenberger에 의해 소개된 편익 함수의 산출지향방식임. 자세한 내용은 Luenberger(1995) 및 제3장 분석모형 참조함.

람직하다는 것이다⁸⁾.

따라서 이와 같은 진화적 장점에 의거하여 본 연구에서는 비모수적(Non Parametric)인 기법으로서 맘퀴스트 생산성 성장지수에 기초하고 거리함수 중에서도 방향성 생산 거리함수(Directional Productivity Distance Function: DPDF)를 적용한 맘퀴스트-루엔버거 생산성성장지수로서 생산효율과 생산성장성을 측정하고자 하는 것이다.

2. 비모수적(nonparametric) 생산효율 측정

비모수적 접근 방법은 주로 기업이 상이한 생산성과를 측정하기 위한 기초로 기술을 결정하는 수단으로 Farrell(1957)이 최초로 제시한 이래 Shephard(1970), Caves et al.(1982), Banker et al.(1984)이 발전시켰다. 특히, Shephard(1970)의 생산가능곡선을 이용한 생산효율 측정방법을 기초로 하여 Caves et al.(1982), Fare et al.(1985,1994) 등은 보다 개선된 효율과 생산성 측정방법을 제시하여 비모수적 접근방법에 의거한 기업 성과 측정방법의 사용을 확장시켰다. 특히 Caves et al.(1982)는 투입량 지수에 의한 거리함수를 최초로 사용한 스웨덴의 통계학자 Sten Malmquist(1953)의 이름을 본따서 그들의 지수에 적용하여 맘퀴스트 생산성 지수라는 명칭의 효시가 되었다. Balk(1993), Banker et al.(1996), Taskin and Zaim.(1997), Weber and Domazlicky.(1997, 1999) 등은 이러한 거리함수와 생산성 측정방법을 국가, 지역, 개별 산업, 공공 부문 등에 적용하고 있다.

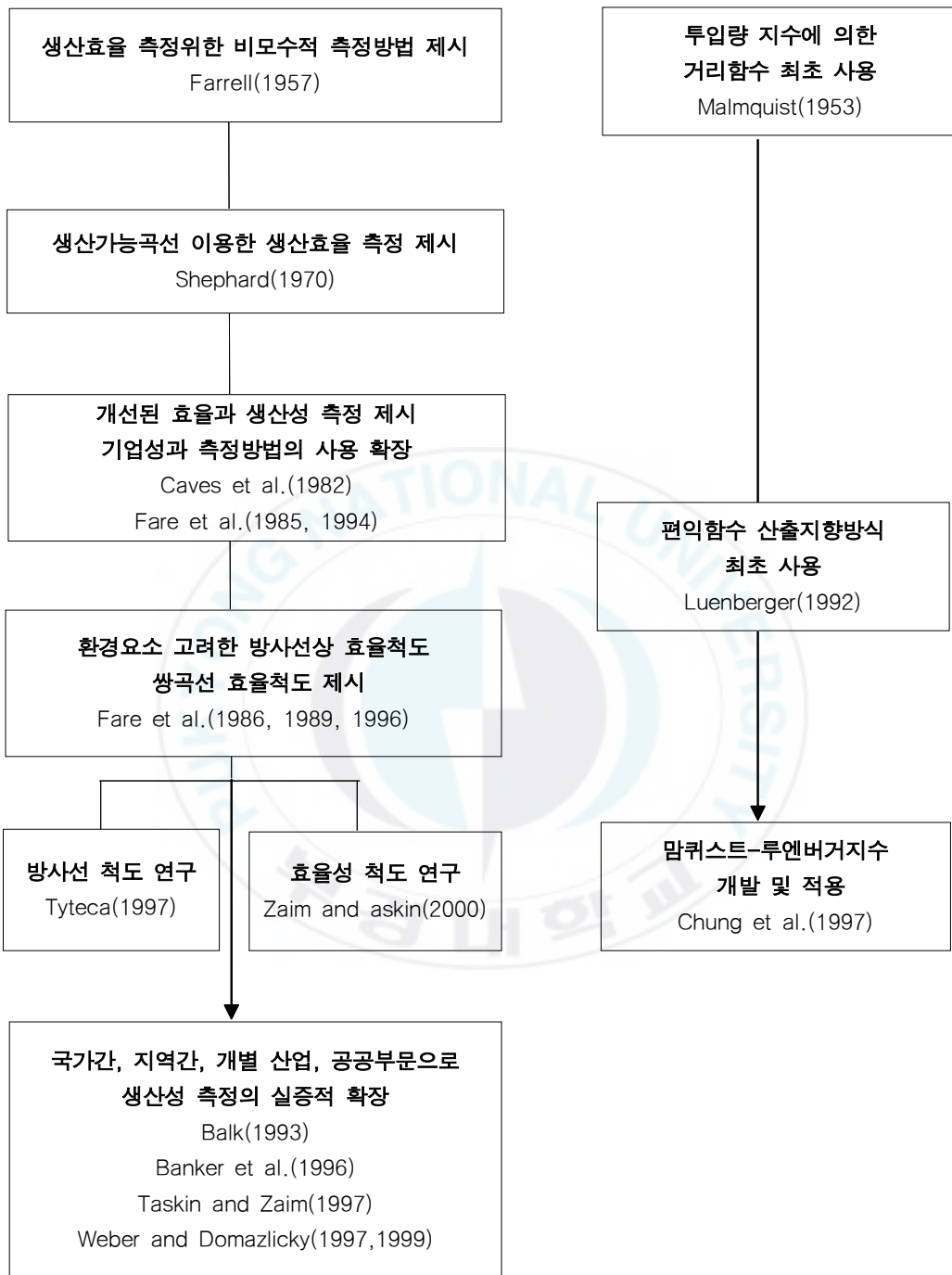
8) 방향성 생산 거리함수는 산출물 중에서 질소산화물이나 미세먼지와 같이 사회적으로 유해한 산출물이 존재할 경우 생산성 측정에 적당한 거리함수이다. 기존의 생산 효율성 측정방식은 사회적으로 유해한 산출물을 고려하지 않기 때문에 유해한 산출물이 감소해도 생산 효율성이 변화하지 않게 됨. 그러나 방향성 거리함수는 유해한 산출물을 고려하기 때문에 유해한 산출물이 감소하면 생산 효율성이 향상 될 수 있도록 설계된 모형이라고 함.

이러한 비모수적 접근법에 의한 생산의 기술효율 측정은 다른 한편으로 환경 요소를 고려한 생산의 기술효율과 생산물 기회비용의 측정으로 발전되었다.

Fare et al.(1986, 1996)은 생산효율분석에 환경요소를 포함시켜 산출물과 오염물의 동시적 변화를 고려할 수 있는 방사선상 효율척도(Radial Efficiency Measurement)를 사용하여 최초로 분석을 하였다. Fare et al.(1986)은 Shephard(1970)의 효율척도를 이용하여 환경규제의 효과를 측정해 보았고, 또한 Tyteca(1997)는 요소생산성 분해를 통한 환경성과지표로서 오염지수개발을 시도하였다. 한편, Fare et al.(1989)은 Shephard의 산출거리함수에 기초하고 Caves et al.(1982)에 의해 소개된 두 기간 맘퀴스트 생산지수의 기하평균으로 생산지수를 정의하고, 생산물 확장과 동시에 오염물의 비례적인 감소를 가능케 하는 기술효율의 쌍곡선효율척도(Hyperbolic Efficiency Measurement)의 적용 가능성을 연구하였다. 이러한 유형의 연구들로서 Chung, Fare and Grosskopf.(1997), Zaim and Taskin.(2000), Fare et al.(2001), Weber and Domazlicky.(2001), 강상목 외(2002) 등은 오염배출량을 고려한 기술효율 혹은 그로 인한 생산성 상실, 생산성 변화를 측정한 바 있다. 이러한 선행연구들은 거리함수 혹은 방향거리함수를 이용하여 기술효율 혹은 환경포함 기술효율과 생산성을 각각 측정하였다. 특히 Chung et al.(1997)은 루엔버거의 방향산출거리함수를 응용하고 맘퀴스트 지수를 적용하여 이론을 발전시켜 맘퀴스트-루엔버거 지수의 최초 개발자의 평가를 받고 있다.

앞서 보았듯이, 선행연구의 주된 흐름은 효율을 측정하는 방법에 따라서 방사선상 척도(Radial Efficiency Measure)와 쌍곡선 척도(Hyperbolic Efficiency Measure)로 구별해 볼 수 있다⁹⁾. 방사선 척도에 기초한 선행연구로는 Fare et al.(1986), Tyteca(1997), 강상목 외(2002)가 있고, 쌍곡선 척도를 사용한 선행연구는 Fare et al.(1989), Zaim and Taskin.(2000) 등으로 정리할 수 있다.

9) DEA분석에서 오염물을 포함한 기술효율을 측정하는 대표적 방법으로 수평방향, 수직방향, 방사선 쌍곡선 등이 제시되고 있음.



[그림 2-1] 비모수적 생산효율 측정 주요 연구자 계보

제2절 실증 연구

1. 맘퀴스트 생산성 지수 적용

맘퀴스트를 활용하여 분석한 연구들을 아래 <표 2-1>과 같이 종합해 보면, 투입요소로 인건비, 물건비, 영업비용 등과 같은 자본과 관련된 지표가 사용되고 있으며, 산출요소로는 사용자수, 수익, 수익과 관련된 비율 등의 사용자 혹은 수익과 관련된 지표가 사용되고 있는 것으로 나타났다. 대표적인 국외연구는 Parkan and Wu.(1999)의 연구가 있는데, 1987~1993년 사이의 홍콩 제조 산업의 생산성을 측정하기 위해서 홍콩제조업 분야를 9개로 구분하고 4개 투입요소와 3개 산출요소에 대하여 7개년간의 시계열 데이터를 이용하여 생산성 분석을 수행하였다. 국내연구는 장철호(2008)의 연구가 있는데, 2001~2006년 동안의 농수산물도매시장의 생산성을 측정하기 위해서 전국 농수산물도매시장을 29곳으로 구분하고 4개의 투입요소와 1개 산출요소에 대하여 6년간의 시계열 데이터를 이용하여 변화를 DEA/Window와 맘퀴스트로 생산성을 분석하고 구체적인 요인 분석을 수행하였다.

한편, 식품제조업과 관련한 선행연구들은 전통적인 DEA기법을 이용, 패널 자료를 이용하여 맘퀴스트를 적용한 분석은 전무한 실정이다. 특히, 수산물 도매업과 수산물 가공식품 도매업의 연간 패널자료를 이용하여 동적인 효율성 내지는 생산성을 분석한 경우는 김종천 외(2010)의 연구가 있다. 이 연구는 2006~2008년 동안의 수산식품 가공 및 도매업에 대한 규모에 대한 생산성을 추정한 것으로 수산식품 가공 및 도매업이 기술진보가 생산성에 유의한 영향을 끼쳤음을 보여 주었으나, 맘퀴스트를 적용하기에는 DMU 수의 부족과 기간이 3년 정도의 단기라는 한계를 가지고 있었다. 이처럼 수산업 분야에 적용된 사례가 적은 것은 맘퀴스트가 적용되기에는 국내적으로 아직 초

기라는 점과, 무엇보다도 식품제조업 분야의 자료셋팅(Data Setting)의 어려움에 있다고 하겠다.

다음 절에서 소개되는 환경오염을 고려한 생산성 추정에 관한 선행 연구의 대부분이 전체 제조업분야에 한정 되어 있음을 보게될 것인데, 이 또한 자료구축의 어려움에 기인한 것이다. 따라서, 환경이라는 요소를 식품제조업 부문으로 한정하여 적용한다는 것이 더욱 어려웠을 것으로 짐작할 수 있을 것이다.

<표 2-1> 맘퀴스트 생산성 지수를 적용한 대표적인 국내·외연구

연구자	연구대상 및 이용자료
Parkan and Wu (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • 홍콩제조산업 분석 • 투입 : 인건비, 재료비 재화구입비, 기타비용, 고정자산 구매비용 • 산출 : 상품 및 재화판매액, 기타 수익, 고정자산 처분 수익
오승은 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 지방공영개발사업 • 투입 : 영업비용, 영업외비용, 특별손실, 경영형태와 시간. • 산출 : 연간 총수익
유금록 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • 지방상수도사업 • 투입 : 직원수, 순가동설비자산. • 산출 : 수도관 연장, 급수전수, 조정량
김동규 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • OECD 24개국 대상으로 분석. • 투입 : GDP성장률, 순자본스톡성장률. • 산출 : 고용량성장률
김영희 외 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • 종합전문요양기관 효율성 분석 • 투입 : 조정의사수, 조정간호사수, 의료기사 직수, 운영병상수 • 산출 : 연입원환자수, 외래환자수, 수술건수
원구환 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • 지방공기업 효율성 분석 • 투입 : 영업비용, 고정자산투입액. • 산출 : 총자본순이익률, 총자본회전률
장철호 (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • 농수산물공영도매시장 • 투입 : 시설면적, 거래관계자수, 임직원수, 자본금. • 산출 : 1일 평균 거래금액
김종천 외 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 수산물 도매업 및 가공식품 도매업 • 투입 : 종사자수, 사업경비. • 산출 : 영업이익, 매출액

2. 맘퀴스트-루엔버그 생산성 지수 적용

맘퀴스트-루엔버그 생산성 지수를 적용한 연구들은 주로 환경오염을 고려한 생산성 추정 연구가 대부분이며, 환경오염을 고려한 생산성 추정에는 크게 두 가지 접근이 있다. 하나는 오염물질 저감활동을 지출이나 비용측면에서 살펴보는 방법이고, 다른 하나는 오염물질 저감활동으로 인한 오염물질 배출량 감소를 편익의 증가로 간주하는 방법이 있다.

환경오염과 생산성의 관계에 대한 선행연구는 1995년 이전까지는 주로 환경규제 및 환경오염방지지출에 대한 비용측면 연구가 주류를 형성하였고, 1995년 이후부터 최근까지는 오염저감활동으로 인한 배출량 감소를 생산량 증가로 간주하는 편익 측면 연구가 주류를 형성하였다. 본 연구는 최근 동향인 편익 측면에서 연구가 수행되었다.

먼저, 환경규제 및 환경오염방지 지출 증가에 대한 비용 측면에 있어 대표적인 국외연구로는 Duffy-Deno and Kevin T.(1992)의 연구가 있는데, 1974~1982년 동안 미국 20,000제조업체를 대상으로 환경규제의 대리변수로 오염방지지출을 사용하여 고용관계 분석을 통해 물, 공기, 고형폐기물에 대한 오염방지지출이 높을수록 고용이 낮음으로 나타났다. 한편, Garofalo G. and D. M. Malhotra.(1995)는 1983~1989년 동안 미국 34개주를 대상으로 오염방지지출과 제조업능력 분석을 통해 오염방지지출 1% 증가할 때 제조업능력은 0.2% 감소로 나타났다. 국내연구로는 이광수 외(1996)의 연구는 우리나라 시도별로 1985~1992년 동안의 환경규제 강화와 경제성장 등의 관계에 대해 실증분석을 통해 일정수준까지의 환경규제는 성장을 촉진시키지만, 일정수준 이상의 환경규제는 성장을 악화시키는 것으로 나타났다. 이러한 일련의 연구들은 오염저감활동을 규제비용 측면에서만 살펴보았기 때문에 환경규제가 대체로 성장에 부정적인 영향을 준다는 결과를 얻었다.

오염감축으로 인한 편익 측면에 있어 대표적인 국외연구로는 Chung et al.(1997)의 연구로, 스웨덴 펄프 및 종이 산업의 생산성 변화를 측정하기 위해 1986~1990년 동안 29개 제조공장에서부터 투입·산출에 대한 연간자료를 사용하여 맘퀴스트-루엔버거 지수의 동시적인 적용을 통해 이론적인 발전을 이뤄냈다. 이 연구에서 생산향상의 주요 원천은 효율성 향상보다도 기술 진보에 있음과 바람직스럽지 않은 산출물을 고려할 때 맘퀴스트-루엔버거 지수가 맘퀴스트 지수의 가능한 대안이 될 수 있음도 보여주었다. 한편, Zaim, O. and Taskin F.(2000)는 OECD 국가의 1980~1990년 동안 생산성 증가 및 환경효율성을

측정하였는데, 미국과 룩셈부르크가 오염물질을 고려한 환경효율 하에서 최대효율을 보이고 일본, 그리스, 터키는 효율이 낮은 것으로 나타났다. Weber, W. and Domazlicky, B.(2001)는 미국의 주(州) 제조업을 대상으로 1988~1994년 동안 생산성 증가를 측정하였는데, 오염고려 생산성이 연평균 1.6% 증가하고 재화 생산만 고려할 경우 생산성은 연평균 0.6% 감소한 것으로 나타났다. 한편, Fare, R, Grosskopf, S., Pasurka, Jr. Carl A.(2001)는 미국의 39개 주(州)를 대상으로 1974~1986년 동안 생산성을 추정하였는데, 이 기간동안 오염고려 생산성은 연평균 3.63% 증가하고 오염무시 생산성은 연평균 1.7% 증가로 나타났다. 그리고 Kaneko Shinji and Managi Shunsuke.(2004)는 중국의 29개 성(省)을 대상으로 1987~2001년 기간 동안 성 지역의 생산성을 평가하였는데, 1980년대 이후 중국의 경제성장이 매년 약 10% 정도였지만, 오염고려 생산성은 연평균 4.9%에 불과한 것으로 나타났다. Kumar S(2006)는 선진국과 개도국을 포함한 41개국에 대하여 오염고려 생산성과 오염무시 생산성을 비교하였는데, 선진국의 경우 오염고려 생산성 증가가 오염무시 생산성 증가보다 더 크고, 후진국의 경우에는 오염무시 생산성이 오염고려 생산성보다 더 큰 것으로 나타났다. 한편, Yörük B. K and Zaim Osman.(2005)은 OECD 국가의 1983~1998년 동안 생산성 변화를 분석하였는데, 오염물질 배출이 증가하는 기간동안에는 오염물질저감을 고려하는 생산성 지수는 작은 것으로 나타났다. 국내연구로는 강상목 외(2002)는 우리나라의 1991~1998년 동안 환경규제와 생산기술제약, 생산효율 간의 관계를 지역자료를 중심으로 시도별 분석하였는데, 생산기술상의 제약으로 상실된 잠재생산물은 전체 제조업의 경우 연평균 1,925.5백억원의 기회비용이 소요되고, 지역제조업의 환경효율지수가 1991년 이후 지속적으로 감소한 것으로 나타났다. 강상목(2003)에서는 1997~1998년간 한국의 24개 산업의 환경제약을 고려한 기술효율 및 생산성 상실율을 추정하고 산업성장의 지속가능성을 분석하였는데, 24개 산업의 대부분이 오염배출과 밀접히 연

계된 경제성장을 추구하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 경기후퇴 시에 오염이 감소하였고 생산에 대한 영향이 감소함에 따라서 기술효율과 생산성에 미치는 영향에 있어서도 향상을 보였다. 김미숙 외(2007)는 1999~2002년 오염물질 배출량을 고려한 도시생산성을 1,2,3차 산업 전 분야에 걸쳐 46개 도시의 인구규모를 고려하여 규모수익가변(Variable Returns to Scale: VRS)로 하여 분석하였는데, 분석 기간 동안 오염감축을 통한 생산량 증대를 위한 기술진보가 퇴보한 것으로 나타났다. 한편, 정영근 외(2008)는 1985~1999년 동안 OECD 국가를 대상으로 환경기준 준수에 따르는 생산 제약을 고려하여, 기술효율과 오염처리의 기회비용을 추정하였는데, 환경효율지수는 80년대 후반에 비해 90년대 후반으로 갈수록 점차 하락하는 것으로 나타났다. 그리고 오염물질별로 볼 때, 대부분의 국가들은 질소산화물을 처리하는데 대한 부담이 가장 큰 것으로 나타났다.

이러한 선행연구들은 주로 국가차원의 생산성을 다루거나 지역을 다루더라도 전체 산업 및 특정 산업 또는 특정지역에 치중해서 생산성을 다루고 있지만 동시에 지역과 특정산업(정확하게는 제조산업 중 식품제조업)에 한정하여 세분화 분석은 수행되고 있지는 않다. 즉 비모수적 접근방법을 사용하여, 오염물질을 고려한 기술진보와 기술효율, 기술효율을 세부적으로 분해하여 생산성과의 명확한 관계를 제시한 사례가 드물다. 따라서 본 연구는 기존의 선행연구에서 간과되어져 왔던 정밀분석의 미비점을 보완하며 식품제조업 부문에 최초로 적용했다는 데 그 의의가 있다.

아래 <표 2-2>, <표 2-3>은 선행연구를 연구자, 연구대상, 이용자료를 중심으로 정리한 것이다.

<표 2-2> 환경규제 및 환경오염방지 지출이 생산성에 미치는 영향 국내·외연구

연구자	연구대상 및 이용자료
Duffy-Deno (1992)	<ul style="list-style-type: none"> • 1974~1982년 동안 미국 20,000제조업체 대상, 환경규제의 대리변수로 오염방지 지출을 사용하여 고용관계 분석. • 물, 공기, 고형폐기물에 대한 오염방지지출이 높을수록 고용이 낮았음.
Garofalo and Malhotra (1995)	<ul style="list-style-type: none"> • 1983~1989년 동안 미국 34개주 대상, 오염방지지출과 제조업능력 분석. • 오염방지지출 1% 증가할 때 제조업능력은 0.2% 감소.
이광수-이민원 (1996)	<ul style="list-style-type: none"> • 1985~1992년 우리나라 시도별 환경규제, 경제성장 관계 분석. • 일정수준 환경규제는 성장 촉진, 일정수준 초과 환경규제 성장 악화. • 오염저감활동을 규제비용으로 반영, 부가가치

<표 2-3> 오염저감활동을 생산량 증가로 간주한 편익 측면 영향 국내·외연구

연구자	연구대상 및 이용자료
Chung et al (1997)	<ul style="list-style-type: none"> • 1986~1990년 스웨덴 펄프 및 종이 산업의 생산성 변화를 측정 • 29개 제조공장에서부터 투입-산출에 대한 연간자료를 사용 • 투입 : 노동, 나무 껍질, 에너지, 자본, • 산출 : BOD, COD, 부유물
Zaim and Taskin (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 1980~1990년 OECD국가 생산성 증가 및 환경효율성 분석. • 환경효율 최대 : 미국, 룩셈부르크. 환경효율 최소 : 일본, 그리스, 터키 • 투입 : 총고용량, 자본. • 산출 : GDP, 이산화탄소배출량
Weber and Domazlicky (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 1988~1994년 미국의 48개 주 제조업 생산성 분석. • 오염고려 생산성 연평균 1.6% 증가, 재화생산만 고려한 생산성은 연평균 0.6% 감소. • 투입 : 노동, 자본. • 산출 : 제조업산출액, 독성오염물질 배출목록의 오염물질
Fare et al. (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 1974~1986년 미국의 39개 주 제조업 생산성 분석. • 오염고려 생산성 연평균 3.63% 증가, 오염무시 생산성 연평균 1.7% 증가. • 투입 : 개별 제조업고용, 자본. • 산출 : 오염물질(미세먼지, 황산화물, 질소산화물, 이산화탄소)
Kaneko et al (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • 1987~2001년 중국의 29개 성 지역의 1,2,3차 산업 생산성 분석. • 중국의 경제성장이 매년 약 10%정도였지만, 오염고려 생산성은 연평균 4.9%에 불과. • 투입 : 노동자수, 오염방지지출. • 산출 : 오염물질(폐수, 대기오염물질, 고형폐기물)
Kumar s (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • 1971~1992년 선진국과 개도국 41개국 생산성 분석. • 선진국 오염고려 생산성>오염무시 생산성, 후진국 오염무시 생산성 >오염고려 생산성. • 투입 : 노동, 자본. -산출 : GDP, 이산화탄소
Yoruk, and Zaim (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • 1983~1998년 OECD 국가 28개 생산성 변화 분석. • 오염물질 배출 증가 기간동안 오염물질저감을 고려하는 생산성 지수는 작게 나타남. • 투입 : 노동, 자본. • 산출 : GDP, 이산화탄소, 질소산화물, 수질오염물질
강상목-김은순 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • 1991~1998년 우리나라 15개 시도 제조업 생산기술제약, 생산효율 분석. • 전체 제조업의 기회비용 소요 : 연평균 1925백억(지역제조업 환경효율지수 지속적 하락). • 투입 : 지역별 평균노동자수, 자본스톡, 제조업 총 에너지 투입액 • 산출 : 제조업 총생산량, 황산화물, 질산화물, 폐기물
강상목 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • 1997~1998년 우리나라 24개 산업 생산성 상실을 및 지속가능성 분석. • 24개 산업 대부분 오염배출과 밀접히 연계된 성장을 추구하고 있음. • 투입 : 자본량, 노동량, 원재료비, 연료비, 전력비 • 산출 : 광업과 제조업의 산출량, 황산화물, 질소산화물
김미숙 외 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • 1999~2002년 오염물질 배출량을 고려한 도시생산성 분석 • 전체 1,2,3차 전분야 적용, 46개 도시의 인구규모를 고려하여 VRS기준 분석. • 투입 : 월평균중사자수, 자본스톡. • 산출 : GRDP, NOx, PM10
정영근 외 (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • 1985~1999년 OECD 국가 환경효율지수 분석. • 환경효율지수 90년대 후반으로 갈수록 하락, 질소산화물 처리 부담 가장 큼. • 투입 : 자본스톡, 고용. • 산출 : GDP, 이산화탄소, 황산화물, 질소산화물
김종천 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • 2000~2008년 우리나라 주요 시도별 수산물 가공업 생산성 변화 CRS기준분석. • CRS, VRS, NIRS이용 MTECI를 MPECI와 MSECI로 분해 및 규모수익 정밀분석. • 투입 : 종사자수, 유형고정자산 연말잔액. • 산출 : 오염물질(NOx, PM10), 부가가치

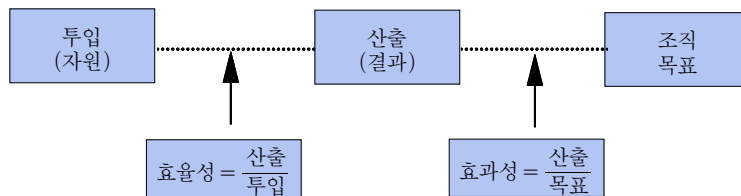
Ⅲ. 분석모형 설정

제1절 생산성 변화의 측정 원리

도시생산성이란 도시라는 공간위에서 이루어진 경제활동을 주어진 투입물에 대해 산출물을 생산한 정도로 평가하는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서 도시생산성은 생산성이 가장 큰 도시에 대한 평가 대상 도시의 생산성 비율로 정의한다. 생산성을 상대적으로 정의하면 이것은 Farrell의 효율성 정의와 같다. 여기서는 Farrell의 효율성 정의를 중심으로 설명을 할 것이다¹⁰⁾.

1. 효율성

조직의 성과는 여러 가지 방법으로 측정하고 평가되며 일반적으로 조직이 성과평가 시 효과성(Effectiveness)과 효율성(Efficiency)을 동시에 고려한다. Peter Drucker에 의하면 효과성은 ‘올바른 일을 하는 것’이며 효율성은 ‘일을 올바르게 수행하는 것’으로 정의된다. 경영학에서 효과성은 조직의 목적이 달성되는 정도로 정의되고 효율성은 산출과 투입의 비율로 정의된다. 따라서 이러한 정의를 통해 [그림 3-1]과 같이 도식화 될 수 있다.



[그림 3-1] 효율성과 효과성

10) 본 연구에서 사용하는 상대적 생산성은 DEA기법을 이용해 도출되는 생산효율을 말한다. DEA기법의 효율성은 Farrell의 효율성 개념을 실제 자료에 적용한 것이다. 이 장에서는 효율성이란 용어를 그대로 사용하며 그 외에는 생산성 또는 상대적 생산성이라는 용어를 사용함. 김미숙(2007) 연구를 재구성함.

효율성(Efficiency)이란 특정 조직이 한정된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해 내는 생산기술을 말한다. 일반적으로 ‘투입과 산출의 비율’이라는 좁은 의미로 자주 사용되는 기술적 효율성은 조직의 내적 운영에 대한 평가로서 생산요소의 가변성과 대체 가능성을 전제로 투입 생산요소의 여러 가지 조합을 통하여 최대의 생산량을 얻는 생산방법을 말한다. 즉, 생산 대상인 재화를 어떤 방법으로 생산할 것인가, 자본과 노동의 투입비율을 어떻게 결정할 것인지 또는 어떤 기계와 원료를 선택할 것인지 등 기술적 효율성을 달성한 조직으로 특정 과업을 수행할 때 최소한의 자원투입으로 주어진 목표를 달성하는 조직을 말한다. 효율성에 대한 개념과 정의는 다양하지만, Anthony and Dearden은 경영학적인 측면과 기업의 관점에서 효율성이란 다분히 기술적 의미를 내포하고 있어 ‘투입량에 대한 산출량의 비율’을 의미한다고 정의하였다. 또한 일반적으로 경제학 분야의 선행연구자들은 효율성을 특정 조직단위가 자원을 활용하여 산출물이나 결과물을 어떻게 창출해 내는가를 표현할 때 사용해 왔다¹¹⁾.

기업의 생산활동에 비효율성(Inefficiency)이 존재함을 인지하고 이를 측정할 필요가 있음을 밝힌 Farrell(1957)에 의하면 일정한 기술수준에서 주어진 생산요소의 투입에 의해 가능한 최대의 산출을 달성하지 못하는 정도를 기술적 비효율성(Technical Inefficiency)이라고 정의하였다. 효율성 평가의 대상이 되는 기업이나 조직을 DMU라고 하는데, DEA에서는 투입요소를 결합하여 산출물들을 만드는 과정에서 독자적인 의사결정능력을 갖는 식별 가능한 조직의 단위를 의미한다. 생산성 및 효율성 분석을 다룬 일부 문헌에서 DMU라는 단어는 기업이라는 용어가 적합하지 않은 경우에 생산개체(Productive Entity)를 표현하기 위하여 사용되었다. 예를 들자면, 다수의 발

11) 이와 관련한 설명은 박만희(2008) 연구를 재구성함.

전설비에 대하여 발전설비의 성과를 비교하거나, 대규모 은행조직에 대하여 은행지점별 성과를 비교할 때 평가대상으로 고려되는 단위는 기업자체라기보다는 한 기업의 일부분이거나 단위조직이 비교대상이 된다고 할 수 있다. DMU는 특정 기업의 한 부서가 될 수도 있고 기업 전체가 될 수도 있으며, 지방자치단체를 대표하는 지방정부, 사회복지관련 기능, 지역개발관련 기능, 소방기능, 치안기능 등도 가능하다. 기업, 조직 등의 DMU가 생산활동을 수행하는 데 있어서 측정 불가능한 수많은 내적·외적 요인들이 투입요소로 작용하기 때문에 동질적인 생산기술로써 동일한 제품이나 서비스 등의 산출물을 생산하는 DMU 간에 또는 동일한 DMU에 대해 일정한 기간 동안에 투입과 산출 간에 일정한 관계가 유지되기는 어렵다. 그러나 DMU의 내적 요인에 대한 관리미흡으로 발생하는 산출량의 변동은 DMU의 활동에 비효율성이 내재하고 있음을 시사한다. 즉, 투입물 간의 결합이나 투입물의 효과적인 사용에 관한 문제는 생산과정에서 일정한 산출물을 생산하기 위해서 필요한 투입물의 수준과 투입물 간의 관계에서 발생한다.

일반적으로 효율성 개념은 투입요소에 대한 산출요소의 비율로 정의되며 DEA에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes and Cooper.(1985)에 의하면 다음과 같다.

첫째, DMU의 산출요소는 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 산출요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가될 수 없다.

둘째, DMU의 투입요소는 산출요소의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 증가시키지 않고서는 감소될 수 없다.

셋째, 일반적으로 비효율성은 투입요소를 이용하여 산출요소를 생산하는 과정에서 투입요소 간의 비효율적인 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로 투입요소의 비효율성(Input inefficiency)과 산출요소의 비효율성(Output inefficiency)으로 구분할 수 있다¹²⁾.

투입물을 늘리지 않고 더 이상 산출물을 늘릴 수 없을 때, 또는 산출물을 줄이지 않고 더 이상 투입물을 줄일 수 없는 상태를 효율적이라고 한다. 경제학에서는 이러한 상태를 파레토 효율, 파레토 최적이라고 한다. 이 정의에 따라 효율성을 측정하려면, 먼저 파레토 효율적인 상태를 알아야 하는데 이것은 불가능하다.

이런 어려움을 해결하기 위해 비교대상 가운데 가장 실적이 우수한 생산단위를 효율적이라고 정의한다면, 이 생산단위를 기준으로 하여 파레토 효율을 상대적 개념으로 정의할 수 있다. 만약 비교대상들이 동질적인 DMU, 즉 투입물 및 산출물 구조가 유사한 생산단위들이라면, 효율적으로 조직을 운영하여 어떤 생산단위라도 최대 생산성을 나타내는 생산단위만큼 생산성을 달성할 수 있을 것이다. 이때, 최대 생산성에 미달하는 생산단위는 투입물을 늘리지 않고도 산출물을 늘릴 여지가 있거나 산출물을 줄이지 않고도 투입물을 줄일 여지가 있기 때문에 파레토 비효율적인 상태에 있다고 할 수 있다.

효율성에는 기술효율성(Technical Efficiency: TE)과 배분효율성(Allocative Efficiency: AE) 또는 가격효율성(Price Efficiency: PE)이 있다. 기술효율성은 주어진 투입으로부터 최대의 산출을 얻는 생산단위의 능력이다. 배분효율성이란 투입물 또는 산출물의 가격이 주어졌을 때, 생산단위의 비용절감능력 또는 수입창출능력이다. 따라서 오염물질의 가격자료가 없어도 효율성을 측정할 수 있는 기술효율성을 중심으로 분석한다.

12) 효율성 값은 상대적인 것으로 자료 내에서 가장 효율적인 것의 효율성을 1이라고 하고 1보다 작은 값을 갖는 효율성을 모두 비효율적인 것으로 평가한다. 따라서 비효율성이란 가장 효율적인 것의 효율성 값인 1에서 비효율적인 것의 효율성 값을 뺀 나머지를 의미함(박만희, 2008).

2. 생산함수와 효율성과의 관계

경제주체¹³⁾는 자신이 소유하거나 사용 가능한 생산요소를 사용하여 산출물을 생산하게 된다. 투입요소와 산출물과는 일정한 기술관계가 존재하게 되며 각 경제주체는 이익을 최대화시키기 위해 투입요소(Inputs)의 사용을 최소화시키거나 산출물(Outputs)의 생산을 최대화시키는 노력을 경주할 것이다. 투입물과 산출물의 기술적인 관계가 존재할 경우 각 경제주체가 산출물을 최대화시킬 수 있는 한계가 존재할 것이며 또한 투입요소의 감축 역시 최소화시킬 수 있는 한계가 있을 것이다. 이와 같이 분석대상의 각 경제주체가 산출물을 최대화시키고 투입요소의 사용을 최소화시킬 수 있는 한계를 생산함수 프론티어(Production Function Frontier)라고 정의한다.

생산함수 프론티어는 분석대상이 되는 모든 경제주체의 산출물의 극대값임과 동시에 투입물의 극소화 값을 의미하기 때문에 분석대상 경제주체의 모든 관측치(Observations)를 위로부터 감싸게 된다. 따라서 생산함수 프론티어는 분석대상 경제주체들이 산출물을 극대화시킬 수 있고 투입물의 사용을 극소화시킬 수 있는 경계를 의미한다.

지금까지 정의된 효율성은 일정 기간에 이용 가능한 생산함수를 가정하고 측정되는 개념이다. 그러나 기간이 변화되면 생산함수 프론티어가 이동하게 될 것이며 따라서 효율성도 변하게 된다. 생산함수 프론티어는 뒤에서 설명될 효율성 구성요소인 순수한 기술적 효율성이나 규모 효율성 변화에 의해서 이동될 수 있다.

생산함수 프론티어는 기술변화(Technical Change)에 의해서도 이동될 수 있다. 예를 들면 프론티어에 위치에 있는 경제주체가 새로운 기술을 도입해서 기존에 사용하던 동일한 양의 투입요소를 사용해서 보다 많은 양의 산출

13) 여기서 경제주체는 DMU를 말함.

물을 생산하게 되면 생산함수 프론티어가 상향 조정되는 경우가 여기에 해당된다. 또 다른 예는 석탄화력 발전소에 효율이 높은 보일러를 도입하여 이전과 동일한 양의 전력을 생산하기 위해 이전보다 적은 양의 에너지를 사용하는 경우이다.

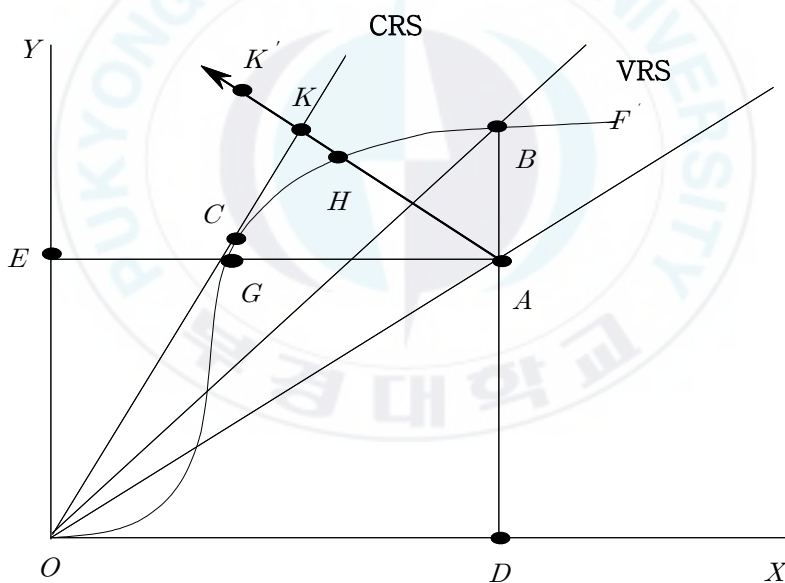
3. 생산성 변화 측정의 원리

앞에서 설명gks 효율성 정의와 생산함수와 효율성과의 관계를 하나의 그래프로 설명하면 다음과 같다. 하나의 투입물을 사용하여 하나의 산출물을 생산하는 그림에서 F' 은 생산함수의 프론티어(Production Frontier)를, X 와 Y 는 투입물과 산출물을 나타내고 있으며 A, B, C 는 생산활동을 하고 있는 경제주체를 나타내고 있다. 생산함수 프론티어는 세 개의 경제주체가 구성한 생산 가능곡선으로서 투입물을 사용하여 산출물을 생산할 수 있는 최대 가능 경계를 의미한다. 특히 F' 은 규모에 대한 수익가변(Variable Returns to Scale: VRS) 생산함수 프론티어를 나타내며 경제주체 C 를 통과하는 직선은 규모에 대한 수익불변(Constant Returns to Scale: CRS) 생산함수를 나타낸다.

생산주체 A 의 생산 효율성은 AD 의 산출물을 생산하기 위해 사용한 투입요소(OD)의 비율인 기울기 AD/OD 로 정의할 수 있으며 경제주체 B 의 생산 효율성은 기울기인 BD/OD 로 정의할 수 있다. 따라서, A, B, C 중에서 기울기가 가장 가파른 경제주체 C 의 생산 효율성이 가장 높다고 평가할 수 있다. 경제주체 A 가 B 의 지점으로 이동하여 생산활동을 한다면 A 의 생산 효율성은 AB/OD 만큼 향상되는 것이며 만약 C 지점으로 이동하면 생산 효율성은 더욱 향상될 것이다.

뒤에서 설명할 방향성 생산 거리함수(Directional Productivity Distance Function: DPDF)를 이용하고 현재의 투입물과 산출물의 결합을 방향성 벡터(Diretiional Vetcor)(잠정적으로 AK' 으로 정의)¹⁴)로 사용할 경우 생산성

(Productivity) 혹은 생산 효율성(Productive Efficiency)은 규모에 대한 수익불변(CRS) 생산함수 프론티어에 대하여 AK 방향인 좌상향 방향으로 측정하게 된다. 따라서 경제주체 A 의 생산성은 AK/AK' 로 측정되는 양의 값을 갖게 된다. 경제주체 B 의 생산성 수치 역시 A 와 같은 방향으로 측정하게 되지만 A 에 비하면 거리가 짧게 나타날 것으로 예상된다. 생산함수 프론티어에 위치하고 있는 경제주체 C 의 생산성 수치는 프론티어와의 거리가 없기 때문에 영이 된다. 이러한 방법에 의한 생산성 측정은 거리가 짧을수록 높은 생산성을 의미한다. 따라서 생산성은 경제주체 C 가 가장 높고 다음으로 B 와 A 의 순서로 나타나게 된다.



[그림 3-2] 효율성, 기술적 효율성, 규모의 경제

14) 경제주체 A 의 방향성 벡터(AK')는 그림의 AK 와 같은 방향의 벡터이지만 그 길이는 그림에서 AK 보다는 더 길게 나타날 것임.

경제주체 A 의 생산성 지수는 양의 값을 나타내고 있으며 이는 생산함수 프런티어에 비해 AK/AK' 의 비율만큼 투입물을 감축시킬 수 있고 동시에 산출물을 증대시킬 수 있다는 점을 의미한다. 경제주체 B 역시 생산성 지수가 양의 값을 갖기 때문에 투입물과 산출물을 조정할 수 있는 가능성이 있다는 점을 말해주고 있다. 그러나 A 에 비하면 생산성 수치가 낮기 때문에 투입물과 산출물의 조정 여지는 A 보다 적을 것으로 예상된다. 경제주체 C 는 0의 값을 나타내기 때문에 현재의 생산기술에서는 더 이상 투입물을 감소시키고 산출물을 증대시킬 가능성은 없다고 평가할 수 있다.

경제주체 A 의 산출물 효율성(Output Efficiency)은 주어진 투입요소(OD)를 사용하여 생산함수 프론티어까지 도달할 수 있는 거리(AD/BD)로 측정된다¹⁵⁾. 따라서 경제주체 A 는 기술적으로 비효율적(Technically Inefficient)이라고 할 수 있다. 왜냐하면 A 는 생산함수 프론티어에 비하면 동일한 양의 투입요소(OD)를 사용해도 현재의 산출물(AD)에 비해 AB 만큼 추가적으로 더 많은 양의 산출물(BD)을 생산할 수 있기 때문이다. 즉, A 의 산출물 효율성(AD/BD)은 생산함수 프론티어에 비해 (AB/BD)만큼 증대될 가능성이 있기 때문이다. 경제주체 B 와 C 의 산출물 효율성은 모두 영으로서 이는 더 이상 산출물을 증대시킬 수 있는 여지가 없다는 점에서 기술적으로 효율적이라는 점을 의미한다.

경제주체 A 의 투입물 생산성(Input Efficiency)은 AG/AE (혹은 AE/EG)로 측정되기 때문에 역시 기술적으로 비효율적이다. 경제주체 A 는 생산함수 프론티어에 비하면 현재의 산출물(AD)을 생산하기 위해서는 현재의 투입물(OD)에 비해 AG 만큼의 투입물을 감축시킬 수 있기 때문이다. 즉, 투입물 효율성을 증대시킬 수 있는 가능성이 있다는 것이다. 따라서 기술적으로 비효

15) 산출물 효율성과 투입물 효율성은 규모에 대한 수익가변(VRS) 생산함수에 대해서 측정한 것으로 설명한다. 이는 그림에서 설명의 편의를 위한 것으로서 수익불변(CRS) 생산함수에 대한 측정의 경우도와 동일할 방법으로 설명될 수 있음.

율적이라는 점은 생산함수 프론티어에 도달하기 위해 투입물과 산출물의 결합을 조정할 수 있다는 점을 말해주고 있다. 경제주체 B 와 C 의 투입물 생산성은 영으로 측정되며 이는 주어진 산출물을 생산하기 위해 더 이상 투입물을 감축할 수 없다는 점을 의미한다.

경제주체 A 의 순수한 기술적 효율성은 규모에 대한 수익가변(VRS) 생산함수 프론티어에 대비해서 측정한 생산성으로서 그림에서 AH/AK' 으로 측정된다. 규모 효율성은 규모에 대한 수익불변(CRS) 생산함수 프론티어에 대비해서 측정한 생산성으로서 그림에서 KH/AK' 에 해당된다. 생산성은 순수한 기술적 효율성과 규모 효율성으로 분해될 수 있기 때문에 경제주체 A 의 생산성은 이들 두 효율성의 합인 AK/AK' 로서 앞에서 측정한 생산성과 일치하게 된다¹⁶).

경제주체 A 의 생산성을 기술적 효율성과 규모 효율성으로 분해함으로써 경제주체 A 가 기술적으로 비효율적(Technically Inefficient)일뿐만 아니라 규모면에서도 비효율적(Scale Inefficient)이라는 점을 말해주고 있다. 따라서 경제주체 A 는 AH/AK' 의 비율만큼 기술적 효율성을 개선시킬 가능성이 있으며 규모 효율성은 KH/AK' 의 비율만큼 조정할 수 있다는 점을 말해주고 있다. 그림에서 규모 효율성이 의미하는 점은 경제주체 A 가 생산규모를 축소함으로써 생산성을 향상시킬 수 있다는 점을 시사하고 있다. 경제주체 B 도 기술적 효율성과 규모 효율성을 개선시킬 여지가 있으나 경제주체 C 는 기술적으로 효율적이면서도 규모면에서도 효율적이기 때문에 더 이상의 개선여지가 없다는 점을 말해주고 있다.

이러한 예는 기술적으로 효율적인 생산활동이 반드시 최적규모의 생산활동, 즉, 규모 효율적인 생산활동 수준에 있다고 말할수 없다는 점을 말해주고 있다. 예를 들면 경제주체 B 와 C 는 모두 기술적으로 효율적인 수준에서 생산활동을 하고 있지만 B 는 생산 규모를 조정하여 C 점으로 이동하면 B 의 기술적 효율성은 유지되면서 생산 효율성이 향상되는 결과가 나타날 것이다. 이러한 경우는 B

16) 본 연구에서는 방향거리함수를 기존의 거리함수에 적용하여 생산성은 곱(Multiplicative)의 형태로 표현됨을 뒤에서 볼 수 있음.

가 규모경제(Economies of Scale)의 잇점을 활용하여 생산 효율성을 향상시키는 예라고 말할 수 있다.

경제주체 C 는 기술적으로 효율적이면서 규모면에서도 효율적인 최적규모(technically optimal scale)의 생산활동 수준에 위치해 있기 때문에 현재의 생산기술에서 가장 높은 생산 효율성을 나타내고 있다. 경제주체 C 는 현재의 생산기술에서는 더 이상 산출물을 증대시킬 수 없거나 투입요소를 감축시킬 수 없을 뿐만 아니라 산출물과 투입물의 규모를 조정할 수 없는 가장 효율적인 수준에 있다고 평가할 수 있다. 그러나 기간의 개념이 도입되면 생산함수 프론티어가 보다 효율적인 방향으로 이동될 가능성이 높으며 이러한 경우 기술적 효율성과 규모 효율성의 개선 여지가 발생할 가능성도 있다.

효율성을 상대적인 개념으로 정의할 때, 만약 시간 흐름에 따라 모든 생산단위들이 자원을 보다 효율적(비효율적)으로 이용하여 같은 투입물에 대해 산출물이 동일한 비율로 증가(또는 감소)하더라도 생산단위의 효율성은 동일하다. 생산성이 증가(또는 감소)하였지만 효율성만으로 평가하게 될 때는 생산단위의 성과를 제대로 파악할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개별 생산단위가 t 기 대비 $t+1$ 기에 생산성이 얼마나 증가하였는가를 측정하여 보완할 필요가 있는데 이를 생산성 변화라 한다.

일반적으로 생산성은 투입물에 대한 산출물의 비율이다. 생산성 변화(productivity change)는 투입물과 산출물의 변화에 의해서 결정된다. 산출물의 증가가 투입물의 증가보다 클 때 또는 산출물은 일정하나 투입물이 감소될 때 생산성은 향상되고, 이와 반대되는 경우에는 하락한다. 생산성 변화는 시간에 따른 생산량 변화 중에서 투입물변화에 의해 설명되지 않는 나머지의 생산량 변화, 즉 순산출물(net output) 변화로 정의된다¹⁷⁾.

생산성 측정은 크게 노동과 자본 등의 단일요소생산성(Partial Factor Productivity: PFP)과 총요소생산성(Total Factor Productivity: TFP)으로 구

17) 이 때문에 잔차기법(Residual Method)으로도 불림.

분한다. 그 동안 총요소생산성에 대한 대부분의 연구는 국민경제 차원에서 대부분 이루어졌는데, 지역생산성 측정에도 유용한 도구가 될 수 있다. 오히려 국가별 무역정책이나 산업정책의 영향, 제도적 환경기반의 차이 등에서 오는 영향을 통제할 수 있기 때문이다. 총요소생산성은 지역경제의 효율성을 반영하고 있기 때문에 지역산업의 경쟁력을 파악할 수 있는 장점이 있다. 총요소생산성의 향상은 기술진보 외에, 비 기술적인 요소들에 의해서도 나타날 수 있다. 비 기술적 요소들로는 규모 및 경기순환효과, 효율성 변화, 도시화 경제 및 지역화 경제 등이 있다. 따라서 도시 및 지역의 생산성연구를 위한 척도로는 단일생산성보다 총요소생산성을 이용하는 것이 타당하다.

도시 생산성 변화의 구성요소에서 기술변화¹⁸⁾란 우리나라의 전반적인 생산 과정에서 기술개발 및 오염물질을 저감하기 위한 기술개발, 생산성 증대 및 오염물질을 줄이기 위한 각종 사회·경제적 제도의 도입 등에 의해 일정기간 동안 생산성이 변화하는 것을 의미한다고 정의한다. 그리고 효율변화란 일정기간동안 생산성이 가장 앞선 도시를 그렇지 못한 도시가 얼마나 따라잡아 가고 있는지를 의미한다.

제2절 비소망재 분석모형¹⁹⁾

1. 비소망재의 의미와 특징

발전소는 전력과 같은 바람직한 재화도 생산하지만 동시에 NO_x, PM₁₀, CO₂ 등과 같은 바람직하지 않은 부산물도 동시에 배출한다. 이처럼 대기를 통해 인간의 심혈관계와 호흡기에 치명적인 영향을 주고, 건강의 편익을 떨어뜨려 경제 생산활동과 국가 전체의 웰빙을 떨어뜨리는 바람직하지 않은 산출물을 비소망재

18) 본 연구에서는 김미숙 외(2007)의 기술변화 개념정의를 동일하게 사용함.

19) 이정동·오동현, (2012). 효율성 분석이론, JIPHIL, pp.297~301, 재구성함.

(Undesirable Output 혹은 Bad Output)라 한다. 이러한 비소망재는 경제활동의 많은 부분에서 발견할 수 있다. 예를 들어, 은행의 경우 ‘대출’이라는 바람직한 산출물을 제공함과 동시에 ‘회수불능(Default)’이라는 바람직하지 않은 산출물을 불가피하게 얻게 된다. 병원에서는 ‘완치’라는 산출물이 나오기도 하지만 ‘의료 사고’라는 바람직하지 않은 산출물도 함께 얻는다. 이 밖에도 스포츠팀에서의 선수부상, 국가경제 성장의 이면에 존재하는 소득 불균형 등과 같이 비소망재에 대한 예를 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

비소망재는 몇 가지 흥미로운 특징을 가지고 있다.

첫째, 비소망재는 소망재(desirable output)와 함께 생산된다. 달리 표현하면 소망재가 생산되면 비소망재도 생산된다. 이러한 의미에서 비소망재를 불가피한 부산물(by-product)로 본다.

둘째, 비소망재를 줄이기 위해서는 소망재가 줄어드는 피해를 감수해야 한다. 예를 들어 발전소에서 CO_2 배출을 줄이기 위해서는 노동이나 투자자금을 환경 관리로 돌릴 수 밖에 없기 때문에, 전력생산량이 줄어들 수 밖에 없다. 은행의 경우에도 회수불능 상태를 줄이기 위해서는 대출을 줄일 수 밖에 없다. 따라서 비소망재는 경제주체의 입장에서 볼 때 부(-)의 가치를 가진 것으로 해석된다.

셋째, 비소망재 생산에 있어서 소망재는 자유가처분(free disposability) 가능하지만, 일반적인 경우 비소망재는 자유가처분 할 수 없다. 즉 일정 수준의 소비재와 비소망재를 생산하는 생산활동은 그것보다 적은 소망재와 동일한 수준의 비소망재를 산출하는 것은 가능하다. 예를 들어, 1톤의 폐수와 3톤의 화학약품을 생산하는 공장에서는 1톤의 폐수와 2톤의 화학약품 또한 생산해 낼 수 있다. 비소망재의 생산수준은 유지하면서 소망재의 생산수준을 줄이는 것은 항상 생산 가능하다. 그러나 반대로 소망재의 수준을 그대로 유지하면서 비소망재만을 줄이는 것은 불가능한 경우가 많다.

대부분의 생산가정에는 부정적인 부산물의 생산은 피할 수 없으므로 대부분의

경영자들은 긍정적인 산출물인 소망재 생산은 늘리면서도 부정적인 산출물인 비소망재 생산을 줄여하는 하는 과제를 안고 있다. 이러한 생산과정의 속성을 고려하는 것이 비소망재 모형이다.

비소망재가 존재할 경우의 효율성 분석모형은 비소망재의 특징을 고려하여 보다 더 현실적인 효율성 값을 도출하는 데 그 의의가 있다.

2. 모형의 개요²⁰⁾

효율성을 추정할 때 먼저 생산프런티어를 구축해야 하는데, 투입물과 산출물의 처분성에 대한 가정과 생산프런티어에 대한 규모수익 가정에 따라 프런티어의 모양이 달라지고, 이에 따라 효율성 및 생산성 변화도 달라진다.

본 연구에서 산출물은 유익한 산출물로만 구성되지 않기 때문에 일반적인 자료포락분석기법 방법에 몇가지 가정을 추가해야 한다. 많을수록 좋은 일반 재화와 반대로 오염물질은 적을수록 좋기 때문이다. 오염물질의 이러한 특성은 오염물질을 줄일 때 다른 유익한 산출물을 희생시킨다고 가정하느냐 그렇지 않느냐에 따라 달라진다. 즉 오염물질을 줄이는 것이 자유로운지 혹은 그렇지 않은지에 따라 프런티어 모양이 달라진다.

규모수익²¹⁾ 특성을 보는 이유는 투입물의 양을 비례적으로 조정할 때 도시간의 투입산출관계가 동일해질 수 있다고 볼 것인지 아니면 규모수익체증 또는 체감의 관계가 있다고 볼 것인지에 따라 프런티어의 모양이 달라지기 때문에 규모수익 특성을 보는 것이다.

20) 이와 관련한 설명은 김미숙(2007) 연구에서 재구성함.

21) 규모수익은 투입물의 양이 변화할 때, 산출물의 반응이 어떠한가를 나타냄.

가. 오염물질을 줄이는데 따르는 가정

오염물질과 산출물을 줄이는데 따르는 가정을 처분성이라 하는데, 처분성에는 자유처분(Free Disposability, Strong Disposability)과 제약처분(Weak Disposability)이 있는데, 모든 산출물은 둘 중의 하나를 특징으로 갖는다. 이 연구에서는 오염물질에 대해서는 제약처분을, 오염물질 이외의 산출물에 대해서는 자유처분을 가정한다.

여기서 자유처분기술이란 기업이 생산물의 증가와 축소를 아무런 규제나 제약 없이 기업의 이윤동기에 따라 자유롭게 결정할 수 있는 경우 기업이 사용할 수 있는 생산기술을 말한다. 생산물의 생산결정이 생산물생산에 투입되어야 할 요소비용 이외에 부가적 비용 없이 생산할 수 있는 상태를 의미한다. 일반적으로 생산물과 투입요소는 자유처분기술 하에 처분될 것이다. 반면, 제약처분기술이란 생산물 조절에 대한 결정을 할 때, 기업이 일정한 규제기준을 만족시켜야 하는 경우에 직면하게 되는 생산기술조건을 말한다. 제약처분기술 하에서 생산물은 자유롭게 처분될 수 없고 규제기준을 만족시키기 위하여 일정 부가적 비용이 소요되어야만 한다. 오염물의 경우 환경규제의 부과는 일정한 제약 하에서 생산물 생산에 들어가는 요소비용 이외에 공정상 제약으로 인한 추가적인 비용 혹은 생산효율의 저하를 수반할 수 있다.²²⁾

본 연구와 관련하여 부연하자면, 산출물에 대한 자유처분이란 어떤 산출물을 줄일 때 비용이 추가로 들지 않는다는 것을 말한다. 즉, 한 산출물을 줄일 때 다른 산출물을 희생시킬 필요가 없다는 것을 의미한다. 제약처분이란 어떤 산출물을 줄일 때, 비용이 드는 것을 말한다. 오염물질에 대해서 제약처분을 가정한다면 오염물질을 자유로이 줄일 수 없고, 줄이고자 하면 반드시 다른 유익한 산출물을 함께 줄여야만 하는 것을 의미한다. 일반적으로 투입물이 일정할 때, 한 산출물을 줄이면 다른 산출물을 늘릴 수 있다. 하지만 오염물질을 산출물로 포함할 경우는 그렇지 않다. 즉 유익한 산출물이 증가하면 오염물질도 증가하고, 오염물질을 줄이고자 하면 유익한 산출물도 줄여야 하기 때문에, 산출물이 자유처분을 만족할 때와는 산출물의 집합이 다르다. 산출물 가운데 오염물질에 제약처

22) 자유처분과 제약처분에 대한 정의는 *Fare et al.*(1989)를 참조 바람.

분을 가정하게 되면, 모든 산출물에 자유처분을 가정한 경우보다 산출물 집합은 줄어들는다. 그리고 산출물로서 오염물질에 대해 자유처분을 가정할 수도 있다. 앞서 언급한 바를 환언하면, 자유처분이란 오염물질을 줄이기 위해 자원을 사용할 필요가 없다는 것이다. 기술상의 제약이 없어서 오염물질을 줄일 때 유익한 산출물이 줄어들지 않는다는 것이다.

오염물질을 포함하여 모형을 설정할 경우, 오염물질에 대한 제약처분에 따른 가정 외에 유익한 산출물은 해로운 산출물을 발생시키지 않고는 생산될 수 없다는 동반생산성(null-jointness) 가정을 추가로 해야 한다.

제약처분, 자유처분, 동반생산성을 식으로 표현하기 위해 먼저 다투입물과 이것을 이용하여 다산출물을 생산하는 관계를 나타내는 생산가능집합 T 를 다음과 같이 표현한다. 산출물이 여러 개인 경우를 포함하므로 $y = f(x)$ 의 형태가 아닌 집합으로 표현한다.

$$T = \{(x, y, b) : x \text{로 } y \text{와 } b \text{를 생산 가능함}\} \text{-----(1)}$$

여기서 $x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in R^N$ 는 투입물 벡터, $y = (y_1, y_2, \dots, y_M) \in R^M$ 는 산출물 벡터이다. 생산가능집합 T 는 N 개의 투입물을 이용하여, M 개로 이루어진 산출물을 생산한다는 것을 의미한다. $b = (b_1, b_2, \dots, b_J) \in R^J$ 는 J 가지 종류로 이루어진 오염물질(undesirable outputs)이다. 오염물질이 없다면 (x, y, b) 대신 (x, y) 로 표현한다. 그리고 앞서 말한 제약조건, 자유조건, 동반생산성이라는 가정을 식으로 표현하면 아래와 같다.

첫째, 오염물질 산출물 b 에 제약처분 가정²³⁾

$$(x, y, b) \in T \text{ and } 0 \leq \theta \leq 1 \text{ 이면 } (x, \theta y, \theta b) \in T \text{-----(2)}$$

23) 현재의 생산기술과 투입요소가 주어질 경우 유해한 산출물을 감소시키기 위해서는 유익한 산출물도 동시에 감소시켜야 한다는 것임.

둘째, 산출물 y 에 자유처분 가정²⁴⁾

$$(x, y, b) \in T \text{ and } y' \leq y \text{ 이면 } (x, y', b) \in T \text{-----}(3)$$

셋째, 동반생산성 가정²⁵⁾

$$(x, y, b) \in T \text{ and } b = 0 \text{ 이면 } y = 0 \text{-----}(4)$$

나. 처분성에 따른 생산프런티어와의 효율성

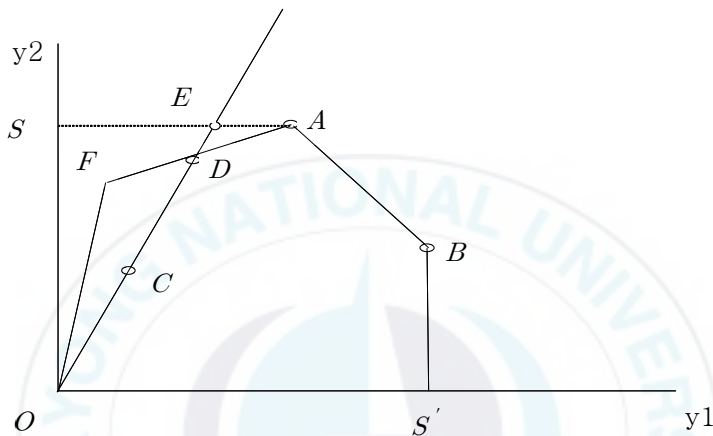
제약처분을 지닌 산출물을 줄일 때 반드시 자유처분인 산출물도 줄여야 하므로, 일부 산출물에 제약처분, 나머지 산출물에 자유처분을 가정하면, 산출물이 동시에 확대 또는 축소되는 영역이 효율적인 집합이 된다. 자유처분만 가정하는 경우에 비해서 산출물 집합(생산가능영역)이 줄어든다. 따라서 산출물에 제약처분을 가정하여 도출된 기술효율성은 자유처분을 가정하여 도출된 효율성보다 크다.

이것을 [그림 3-3]을 이용하여 설명하면 다음과 같다. 두 개의 산출물 y_1 과 y_2 가 있을 때 생산단위들의 산점도이다. 가장 실적이 우수한 점들을 연결하여 볼록다각형이 되도록 프런티어를 만들 때, 선분 AB 를 연결한 후 점 A 와 점 B 에서 각각 y_2 축 및 y_1 축과도 연결하여 프런티어를 만들어야 한다. y_1 을 줄일 때 y_2 도 함께 줄여야 한다는 제약이 없다면, A 에서 y_2 축으로 수선을 내릴 수 있다. 마찬가지로 y_2 를 줄일 때, 제약이 없다면 B 에서 y_1 축에 수선을 내릴 수 있다. 즉 자유처분하(강조건) $SABS'$ 가 프런티어가 된다. 하지만 만약 y_1 이 오염물질이라면, y_1 을 줄일 때 y_2 도 함께 줄여야 한다. A 에서 y_2 축으로 수선을 내리지 못하고 사선으로 내려가야 한다. A 에서 볼록다각형이 되도록 가능하면 외곽에 위치한 점 D, F 를 연결하도록 한다. 이렇게 하면 제약처분하(약조건) $OFABS'$ 가 프런티어가 된다.

24) 현재의 투입요소와 산출물이 생산집합의 범위에 포함된 경우 현재의 수준 보다 적은 규모의 유익한 산출물은 비용을 지불하지 않고서도 생산 가능하다는 것임.

25) 유해한 산출물의 생산이 없으면 유익한 산출물의 생산도 없을 뿐만 아니라 유익한 산출물이 생산되는 한 유해한 산출물도 항상 생산된다는 점을 동시에 의미함.

처분성에 따른 생산프런티어와 효율의 크기 비교는 그림에서 C 의 기술효율성은 y_1, y_2 에 대해 자유처분을 가정하면 효율성 평가기준이 되는 생산프런티어가 $SABS'$ 가 되어 효율성은 OC/OE 가 된다. y_1 에 제약처분, y_2 에 자유처분을 가정하면 생산프런티어가 $OFABS'$ 가 되어 효율성은 OC/OD 가 된다. 즉 오염물질에 대해 제약처분을 가정하게 되면, 자유처분을 가정했을 때보다 효율성이 더 크게 된다.



[그림 3-3] 처분성에 따른 효율의 크기 비교

다. 규모수익에 대한 가정

규모에 대한 수익은 투입요소 비율을 일정하게 유지하면서 규모를 증가시킬 때 생산량이 어떻게 변화하는가를 설명하기 위한 개념이다.

규모수익에는 규모수익가변(Variable returns to Scale: VRS), 규모수익불변(Constant returns to Scale: CRS)으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 효율성을 측정할 때 규모수익 특징 가운데 규모수익불변(CRS)을 가정한다. 이는 규모가 작은 도시의 투입산출관계와 규모가 큰 도시의 투입산출관계가 비례적이라고 가정한다.

규모수익불변(CRS)를 가정한다는 것은 투입물이 증가하면 산출물이 비례적으로 증가하도록 프런티어를 구성하는 것을 의미한다. 규모수익불변은 효율적이면서도 최소효율규모인 도시의 투입 대비 산출 비율을 기준으로 프런티어를 구성하도록 하여 효율성을 측정하는 것을 말한다. 여기에서 도출된 효율성에는 운영상의 기술적 효율성과 규모의 효율성으로 구성된다. 규모수익불변 가정 하에서 도출되는 비효율성은 규모가 최적 규모에 도달하지 못했기 때문에 나타나는 비효율성과, 운영을 비효율적으로 하지 못했기 때문에 빚어지는 비효율성으로 구성된다. 따라서 규모수익불변을 기준으로 효율성을 측정하면 운영이 효율적일지라도, 최소효율규모상태가 아니면 비효율적으로 나타난다. 따라서 규모수익불변은(CRS)는 모든 기업이 최적의 규모로 운영되고 있을 때 적합한 모형이다. 그러나 현실적으로 불완전한 경쟁, 재무관련 제약조건 등으로 인해 개별 기업들은 최적규모로 운영되지 못하고 있는 것이 현실이다.

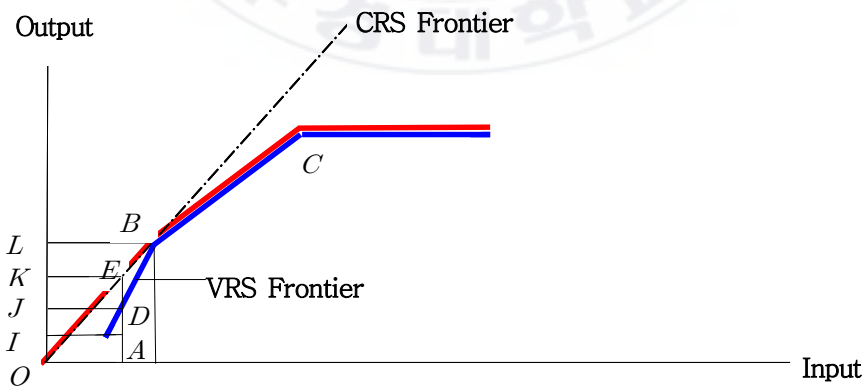
규모수익가변을 가정한다는 것은 운영 면에서 효율적인 도시를 기준으로 프런티어를 구성하여, 효율성을 측정한다는 것을 의미한다. 분석대상 도시들의 규모가 다양하기 때문에 규모가 효율에 미치는 영향을 별도로 구분하여 운영상의 효율만을 볼 필요가 있다. 만약 영향을 미친다면 규모가 서로 다른 생산단위들을 비교하는 것은 공평하지 않다. 생산단위의 비효율성 가운데 경영규모에 의해 비롯된 것을 구분하여 평가해야 한다. 따라서 규모수익가변 하에서 효율성은 규모차이에 따른 효율성 정도는 포함되지 않고 순수하게 운영 측면에서 효율성 정도만을 나타낸다²⁶⁾.

규모수익 가정은 투입물을 증가시킬 때 나타나는 산출물의 반응에 따라 구분하기 때문에, 투입물과 산출물을 축으로 하는 그래프를 이용해 설명할 수 있다. [그림 3-4]에서 투입물 대비 산출물의 비율이 가장 큰 점 B를 기준으로 원점을 지나는 프런티어를 만들면, 이 프런티어가 규모수익불변 가정의 프런티어가 된다. 각 투입물에서 최대의 산출을 나타내는 관찰점들을 연결하여 프런티어를 만

26) Banker, Charnes, and Cooper(1984)는 규모수익가변(VRS) 상황을 설명하기 위하여 CRS DEA 모형의 확장을 제약하여 모든 기업들이 최적규모로 운영되지 못하는 상황에서 CRS 모형은 기술적 효율과 규모 효율성에 혼동을 가져올 수 있으며, 규모수익가변(VRS) 모형을 이용하면 규모 효율성 효과를 제외한 순수한 기술적 효율성 분해 계산이 가능함을 보였음.

들면, 이 프런티어가 규모수익가변 가정의 프런티어가 된다.

규모수익불변을 가정한 프런티어를 이용해 기술효율성을 추정할 경우, 규모수익가변을 가정한 프런티어를 이용한 효율성보다 생산단위의 효율성이 더 작으며 효율적인 생산단위도 더 작게 된다. [그림 3-4]에서 생산단위 B와 C는 규모수익가변을 가정한 프런티어 상에 있기 때문에 투입량에 비해 산출량을 최대로 생산하고 있다. 이에 비해 A는 주어진 투입물로 산출물을 최대로 생산하지 못하고 있다. 그런데 A의 기술효율성은 규모수익불변을 가정한 프런티어 상에 있는 E 점과 규모수익가변을 가정한 프런티어 상의 D점 가운데 어느 점을 기준으로 하느냐에 따라 효율성이 달라진다. D를 기준으로 계산하면 A의 기술효율성은 J/I 이지만 E를 기준으로 하면 K/I 으로 효율성이 달라지며, 규모수익가변하에서 효율성이 더 크다. 생산단위 C도 규모수익가변을 가정한 프런티어를 기준으로 하면 효율적이지만, 규모수익불변을 가정한 프런티어를 기준으로 효율성을 측정하면 비효율적이다. 생산단위 B는 두 경우 모두 효율적이다. 따라서 규모수익불변을 가정한 프런티어를 이용한 효율성보다 규모수익가변을 가정하면, 생산단위의 효율성이 더 크며 효율적인 생산단위도 더 많게 나온다. 따라서, 모형의 단순화 뿐만 아니라 바람직스럽지 않은 오염물질 배출물을 고려한 도시별 생산성은 보수적인 모형이 보다 설득력이 있다고 보아서 규모수익불변을 고려하는 것이다.



[그림 3-4] DEA의 규모수익 프론티어

제3절 분석모형의 설정

1. 효율성 분석모형

가. 효율성 분석모형 기본가정

오염물질을 고려하여 생산성과 그 변화요인을 도출하기 위해 다음과 같은 기본적인 가정과 단계가 필요하다.

첫째, 오염물질을 포함한 생산함수에서 오염물질의 제약처분(약처분)을 가정한다. 오염물질의 제약처분이란 오염물질을 줄이기 위해서 바람직한 산출물 일부를 포기하거나 줄여야 하는 상황을 의미한다.

둘째, 유익한 산출물에 대해서는 자유처분(강처분)을 가정한다. 자유처분이란 해당 산출물을 증가시키거나 감소시킬 때 아무런 제약이 없다는 것이다.

셋째, 생산활동은 오염물질 발생을 수반한다(산출물의 동반생산성 null-jointness).

넷째, 규모수입불변(Constant Returns to Scale: CRS)을 가정한다²⁷⁾. 이는 투입물이 증가하면 산출물이 비례적으로 증가하도록 프런티어를 구성하는 것을 의미한다.

위의 조건을 만족하는 생산가능 집합을 다음과 같이 구성할 수 있다(Fare et al, 1994).

27) CRS를 기준으로 분석한 이유는 규모수입가변(Variable returns to scale: VRS)은 단기적인 생산구조하의 효율측정에 적합하나, CRS는 장기적 생산하의 효율을 다룬다. 즉, CRS는 최적규모달성에 좋은 기준을 제공하는 장기 평균생산물을 그 분석대상으로 한다. 따라서 CRS하에서 여러 기간에 걸친 기술변화(기술발전)가 측정되어야 하므로, 기술효율의 변화를 이와 비교·측정할 수 있다는 이점이 있기 때문이다.

나. 생산가능집합 구성

$$F(x) = \{(x_n^{kt}, y_m^{kt}, b_i^{kt}) :$$

$$\sum_{k=1}^K z^{kt} y_m^{kt} \geq y_m^{kt}, k=1, \dots, K, t=1, \dots, T, m=1, \dots, M$$

$$\sum_{k=1}^K z^{kt} b_i^{kt} = b_i^{kt}, i=1, \dots, I$$

$$\sum_{k=1}^K z^{kt} x_n^{kt} \leq x_n^{kt}, n=1, \dots, N$$

$$z^{kt} \geq 0 \} \text{-----(5)}$$

식 (5)에서 $F(x)$ 는 투입물과 산출물 벡터의 집합, 투입물 x 로 생산될 수 있는 산출물과 오염물의 집합 (y, b) 을 생산, $y \in R_+^M$ 은 바람직한 산출물, $b \in R_+^J$ 은 오염물, $x \in R_+^N$ 은 투입물, $k=1, \dots, K$ 은 생산관측치, $t=1, \dots, T$ 은 생산기간, $Z=(z^{kt})$ 은 가중치, $K*1$ 밀도벡터며 이는 관측된 산출물의 블록 결합을 통하여 생산가능경계를 형성하는데 기여한다. 그리고 투입물과 산출물의 부등호는 자유처분을 의미, 오염물질에 대한 등호는 제약처분을 의미, 등호제약으로 오염물질을 실제 주어진 배출량 이상으로 자유처분 할 수 없음을 의미한다.

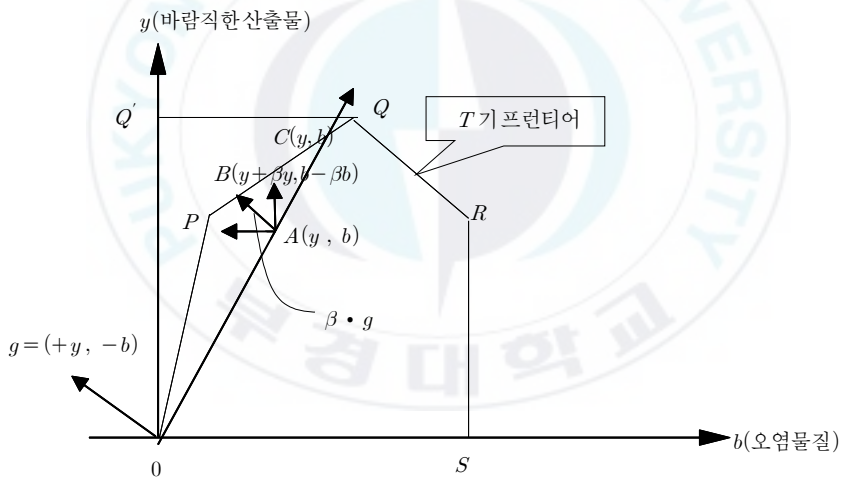
2. 방향거리함수의 정의

방향거리함수 \overrightarrow{D}_c 는 거리를 구할 때, 유익한 산출물을 더 많이 생산하고, 오염물질을 적게 배출한 방향으로 벡터를 구성하여 프런티어와 분석대상도

시와의 거리를 구하는 것을 말하며, 생산성 지수 측정을 위한 방향거리함수 \overrightarrow{D}_c 을 식으로 표현하면 아래 (6)과 같다.

$$\overrightarrow{D}_c(x,y,b;g) = \{\beta: (y,b) + \beta g \in F(x)\} \text{-----} (6)$$

식 (6)에서 \overrightarrow{D}_c 의 하첨자 c 는 규모수익불변을 가정, g 는 방향벡터로 이를 이용해 산출물을 늘이는 방향(+)으로 이동할지 줄이는 방향(-)으로 이동할지를 나타내고, 등호 오른쪽에 x 항을 나타내지 않는 이유는 투입물에 변화가 없기 때문이다.



[그림 3-5] 오염물질 포함 시 생산성 변화 측정

[그림 3-5]는 투입물을 일정하게 한 후, 유익한 산출물과 오염물질이 동시에 생산될 때 생산가능영역을 나타낸 것이다. 만일, 오염물을 줄일 때 유익한 산출물에 영향을 주지 않는다고 가정하면, 생산가능영역은 $Q'QRS$, b 축, y 축,

프런티어 $Q'QRS$ 로 구성되며, 오염물질을 줄일 때 산출물을 반드시 줄여야 한다고 가정하면, 생산가능영역은 $OPQRS$, b 축, 프런티어 $OPQRS$ 로 구성된다. 여기서 β 는 방향거리 함수값으로 투입과 산출을 동시 조절하는 역할을 하는 것이다. 이를 통해 A 와 프런티어의 거리를 구할 때 $A(y, b)$ 를 출발점으로 하여 벡터 $g = (+y, -b)$ 의 방향으로 현재의 산출 (y, b) 를 β 배하면 프런티어 위에 있는 B 에 도달할 수 있다. 즉 B 는 A 의 유익한 산출물 y 를 β 배 증가시키고, 해로운 산출물 b 를 β 배 줄인 상태와 같다는 것이다. 만일 $\beta = 0$ 이면 해당 생산단위는 생산프런티어 상에 위치하며, 일정한 투입물 하에서 효율향상은 불가능하고, $\beta > 0$ 이면 해당 생산단위는 생산프런티어 아래에 위치하며 β 만큼 효율향상이 가능하다는 것을 나타낸다. 그리고 A 의 생산성은 C 가 아닌 B 를 기준으로 측정하고, C 는 A 보다는 유익한 산출물은 물론 오염물질이 더 많고, 이에 비해 B 는 C 보다 유익한 산출물이 작지만, A 보다는 유익한 산출물이 크고 오염물질은 적게 배출하는 도시를 나타낸다. 따라서 지속가능한 사회를 추구하고자 한다면, A 는 C 보다 B 를 지향하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

3. 생산성 변화 분석모형

가. MPI 생산성 지수

오염물질을 제외한 경우와 포함한 경우 모두 MPI 측정 원리를 그대로 따르므로, 여기서는 MPI를 구하는 방법을 먼저 소개한다(Caves et al. 1982, Fare et al., 1994b).

MPI는 산출거리함수(관찰대상 생산단위와 방사방향의 프런티어 상의 생산단위와의 거리 측정을 나타내는 함수)를 이용하여 구한다. 식 (7), (8)에서 보는 바와 같이 MPI는 한 시점이 프런티어를 기준으로 하여 두 시점 동안

관찰대상 생산단위가 프런티어에 가까워진 정도를 나타내며, 관찰대상 생산단위는 두 시점을 비교하므로 기준이 되는 프런티어 시점에 따라 MPI의 값이 달라질 수 있다. 이 점을 보완하기 위해 MPI는 관찰대상 생산단위가 속한 두 시점에 대해 각각의 프런티어를 구해 MPI를 두 번 구한 값의 기하평균을 이용한다. 이렇게 구한 생산성 지수는 식 (11)처럼 내부적으로 효율변화 (MEFFCH)와 기술변화(MTECH)로 분리된다. 효율변화는 식 (12)와 (13)의 산출거리함수와 규모효율간의 두 기간의 관계를 이용하고, 식 (14)에 대입하여 다시 순수효율변화(Pure Efficiency Change: PEC)와 규모효율변화(Scale Efficiency Change: SEC)로 세분화 될 수 있다. 따라서, 식 (14)는 순수효율변화, 기술변화, 규모효율변화로 세분된다.

$$M^t = \frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \text{-----} (7)$$

$$M^{t+1} = \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \text{-----} (8)$$

$$M_t^{t+1} = (M^t \cdot M^{t+1})^{\frac{1}{2}} \text{-----} (9)$$

$$M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \text{-----} (10)$$

$$\begin{aligned} M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= MEFFCH_t^{t+1} \times MTECH_t^{t+1} \end{aligned} \text{-----} (11)$$

$$D_c^t(x^t, y^t) = D_v^c(x^t, y^t) \cdot S^t(x^t, y^t) \text{-----} (12)$$

$$D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) \cdot S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) \text{-----} (13)$$

$$M_t^{t+1} = \left[\frac{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^t(x^t, y^t)} \right] \left[\frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{S^t(x^t, y^t)} \right] \text{-----} (14) 28)$$

여기서 M^t 는 t 기 프런티어를 기준으로 하여 t 기 관찰점까지의 거리에 대한 $t+1$ 기 관찰점까지 거리, M^{t+1} 는 $t+1$ 기 프런티어를 기준으로 하여 t 기 관찰점까지의 거리에 대한 $t+1$ 기 관찰점까지 거리, D_c^t : t 기 생산단위로 구성된 프런티어 D_c^{t+1} 는 $t+1$ 기 생산단위로 구성된 프런티어를 나타낸다.

$D_c^t(x^t, y^t)$ 는 t 기 생산단위로 구성된 프런티어를 기준으로 한 t 기 생산단위의 효율성, $D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 t 기 생산단위로 구성된 프런티어를 기준으로 한 $t+1$ 기 생산단위간의 효율성, $D_c^t(x^t, y^t)$, $D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 동일기간의 효율성은 기술효율성을 나타내기 때문에 ‘1’이상 값을 가진다.

$D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_c^{t+1}(x^t, y^t)$ 는 교차기간의 효율성은 기술진보 또는 퇴보로 인해 관찰치가 기준이 되는 프런티어에 포함되지 않을 수도 있기 때문에 ‘1’보다 큰 값을 가질 수도 있다. 그리고 $S^t(x^t, y^t)$, $S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 t 와 $t+1$ 기의 규모효율, 규모일정불변의 최적 규모로부터 벗어난 정도를 측정한다.

$\left[\frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \right]$ 는 t 기의 기술효율성에 대한 $t+1$ 기의 기술효율성 변화 생산변경에 가까울수록 더 효율적이며, $t+1$ 기에 효율성이 증가했다면 1보다

28) 여기서, $\left[\frac{S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{S^t(x^t, y^t)} \right] = \left[\frac{D_v^t(x^t)}{D_v^t(x^t)} \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1})}{D_v^{t+1}(x^{t+1})} \right]$ 임.

큰 값을 가진다. 그리고 $\left[\frac{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^t(x^t, y^t)} \right]$ 는 규모수익가변 기술수준에서 효

율성 상대적 변화, $\left[\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$ 는 기술변화, $t+1$ 기의

관찰치로부터 t 기와 $t+1$ 기의 생산프런티어까지 거리의 상대적 비율과 t 기 관찰치로부터 t 기와 $t+1$ 기의 생산프런티어까지 거리의 상대적 비율의 곱, 관찰치를 고정한 상태에서 프런티어까지 거리의 차이는 기술변화에 의해 생긴다.

그리고 $\left[\frac{S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{S^t(x^t, y^t)} \right]$: t 기와 $t+1$ 기간의 규모수익가변 기술수준에 대응

하는 규모수익불변 기술수준에서의 최대 산출량 비율이다.

이를 통해 t 와 $t+1$ 기간 동안 생산성 증가, 감소, 변화 없음은 $M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1, M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1, M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ 로 각각 나타내며, $M_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) - 1$ 값을 사용하여 생산성 변화 크기 (%)로 표현한다.

효율의 증가, 감소, 변화 없음은 $MEFFCH_t^{t+1} > 1, MEFFCH_t^{t+1} < 1, MEFFCH_t^{t+1} = 1$ 로 각각 나타낸다. 그리고 기술의 발전과 후퇴, 변화 없음은 $MTECH_t^{t+1} > 1, MTECH_t^{t+1} < 1, MTECH_t^{t+1} = 1$ 로 각각 나타낸다.

나. MLPI 생산성 지수

오염물질을 포함할 때의 생산성 변화를 나타내는 MLPI를 구하기 위해서는 산출거리함수 $D_c(x, y, b)$ 와 방향거리함수 $\vec{D}_c(x, y, b; g)$ 와의 관계를 이용한다. 여기서 식 (15)는 내부의 한점에서 프런티어 상에 도달하기 위해 β 가 확장될 경우 최초의 산출물과 오염물 (y, b) 에 산출물과 오염물의 변동분인 $\beta g = \beta(y, b) = (\beta y, \beta b)$ 를 합하더라도 프런티어 상의 산출거리함수의 값인 1을

초과할 수 없음을 의미하며, 두 거리함수의 관계가 역의 관계를 이용한다. 산출거리함수와 방향거리함수의 관계를 도입하여 방향거리함수에 기초한 생산성 지수로 전환하기 위해서 식 (16)과 (17)를 식 (18)에 대입하여 MPI와 유사하게 세 가지 변화요인으로 세분화 가능하다. 즉, 규모 일정불변 하에서 산출거리함수와 방향 거리함수가 역의 관계를 갖게 되면 식 (19)과 (20)처럼 가변 규모 하에서도 동일한 관계를 가진다. 마지막으로 식 (20)와 (21)을 식 (18)와 (19)에 대입하여 정리하면 식 (22)의 세 가지 변화요인 순수효율변화, 기술변화, 규모효율변화로 분해 가능하다.

(유도과정은 Chung et al, 1997 : 232)

$$\begin{aligned}
 \overrightarrow{D}_c(x, y, b : g(y, b)) &= \sup\{\beta : (y, b) + \beta g \in F(x)\} \\
 &= \sup\{\beta : D_c(x, (y, b) + \beta(y, b)) \leq 1\} \\
 &= \sup\{\beta : (1 + \beta)D_c(x, y, b) \leq 1\} \\
 &= \sup\{\beta : \beta \leq 1/D_c(x, y, b) - 1\} \\
 &= (1/D_c(x, y, b)) - 1 \text{-----} (15)
 \end{aligned}$$

$$\overrightarrow{ML}^t = \frac{[1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^t, y^t, b^t : g^t)]}{[1 + D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})]} \text{-----} (16)$$

$$\overrightarrow{ML}^{t+1} = \frac{[1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t : g^t)]}{[1 + D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})]} \text{-----} (17)$$

$$\begin{aligned}
 \overrightarrow{ML}_i^{t+1} &= \overrightarrow{ML}^t \times \overrightarrow{ML}^{t+1} \text{ }^{\frac{1}{2}} \\
 &= \left[\frac{(1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^t, y^t, b^t : g^t))}{(1 + D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))} \frac{(1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t : g^t))}{(1 + D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))} \right] \text{ }^{\frac{1}{2}} \\
 &\text{-----} (18)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{ML}_t^{t+1} &= \left[\frac{1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^t, y^t, b^t : g^t)}{1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})} \right] \left[\frac{1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t : g^t)}{1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^t, y^t, b^t : g^t)} \cdot \frac{1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})}{1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= MLEFFCH_t^{t+1} \times MLTECH_t^{t+1} \end{aligned} \quad \text{-----(19)}$$

$$D_v^t(x^t, y^t, b^t) = 1 / (1 + \overrightarrow{D}_v^t(x^t, y^t, b^t : g^t)) \quad \text{-----(20)}$$

$$D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) = 1 / (1 + \overrightarrow{D}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1})) \quad \text{-----(21)}$$

$$\begin{aligned} \overrightarrow{ML}_t^{t+1} &= \left[\frac{(1 + \overrightarrow{D}_v^t(x^t, y^t, b^t : g^t))}{(1 + \overrightarrow{D}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))} \right] \\ &\quad \left[\frac{(1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t : g^t)) (1 + \overrightarrow{D}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))}{(1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^t, y^t, b^t : g^t)) (1 + \overrightarrow{D}_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &\quad \left[\frac{(1 + \overrightarrow{S}^t(x^t, y^t, b^t : g^t))}{(1 + \overrightarrow{S}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1} : g^{t+1}))} \right] \end{aligned} \quad \text{-----(22)}$$

MPI와 마찬가지로 MLPI는 생산성 증가, 감소, 변화 없음은

$$ML_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) > 1, \quad ML_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) < 1$$

$ML_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) = 1$ 로 각각 나타낸다. 그러나 기술변화에 대한 해석은 MPI와 다르다. 즉 기술의 발전은 유익한 산출물인 부가가치가 증가하고 오염물질이 감소하는 방향으로 기술발전, 기술의 후퇴는 산출물 감소 및 오염물질 증가 방향으로 기술 변화, 기술변화 없음으로 해석되며,

$$MLTECH_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) > 1, \quad MLTECH_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) < 1,$$

$$MLTECH_t^{t+1} = (x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}, x^t, y^t, b^t) = 1 \text{로 각각 나타낸다.}$$

(Färe et al, 2001 : 392)

지금까지 전개된 오염물질을 고려한 생산성 지수 분해 및 해석에 관한 사항을 정리하면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 오염물질을 고려한 생산성지수 분해 및 해석²⁹⁾

해석 분해	생산성 지수 및 분해		
	생산성 지수	효율변화($MLEFFCH_t^{t+1}$)	기술변화($MLTECH_t^{t+1}$)
1 미만	생산성 감소	프런티어 상의 선진도시와 프런티어 아래 도시간 격차 증가	유익한 산출물 감소, 오염물질 증가방향으로 기술변화
1	생산성 변화 없음	효율변화 없음	기술변화 없음
1초과	생산성 증가	프런티어 상의 선진도시와 프런티어 아래 도시간 격차 감소	유익한 산출물 증가, 오염물질 감소방향으로 기술변화

다. MPI와 MLPI 비교

오염물질을 고려하지 않고 추정된 MPI와 오염물질을 고려하여 추정된 MLPI와의 관계는 오염물질의 증감에 따라 달라진다. 즉 $MPI > MLPI$ 이면 산출물 증가비율이 오염물질의 절대 감소비율보다 클 때 나타나며, $MLPI > MPI$ 이면 오염물질 절대 감소비율이 산출물 증가 비율보다 클 때 나타난다(Färe et al., 2001 : 400).

따라서 오염물질이 증가하는 기간동안에는 MPI가 MLPI보다 더 큰 값을 갖게 되고, 오염물질이 감소하는 기간에는 MLPI가 MPI보다 큰 값을 갖게 된다(Yörük B. K., Zaim Osman, 2005 : 408).

29) 이와 같은 오염물질을 고려한 생산성 지수 결과에 대한 해석표는 김미숙(2007) 연구에서 재구성함.

4. 동질성 검정모형³⁰⁾

대기업과 중소기업, 백화점과 슈퍼마켓 등 두 가지 서로 다른 그룹에 속하는 DMU들의 효율성을 비교해 보는 것은 매우 중요하다. 두 그룹 간(여기서는 오염물질 고려 한 경우와 고려하지 않은 경우) 효율성 차이가 우연에 의한 것인지 통계적으로 유의한 것인지를 파악하기 위해서는 두 그룹 간에 효율성의 차이가 존재하는지를 통계적으로 검증해 볼 필요가 있다. DEA에 있어서 이론적으로 효율성 값이 어떤 분포를 따르는지 모르기 때문에 값의 분포에 독립적인 비모수적 통계량을 이용하는 것이 바람직하다. 비모수적 통계량 중 두 그룹간의 효율성 차이가 유의한지의 여부를 검증하기 위해서는 Wilcoxon-Mann-Whitney에 의해 개발된 순위합검증(Rank-Sum Test)을 이용할 수 있다.

이 방법은 데이터의 순위를 이용하여 검증하는 비모수적 방법 가운데 하나이다. 두 그룹에 속하는 서로 독립적인 데이터가 주어졌을 때, 두 그룹이 동일한 모집단에 속하는지 혹은 두 그룹의 효율성 값이 동일한 분포를 따르는지 여부를 귀무가설로 하여 검증하는 것이다. 즉, 비교하는 두 그룹이 위치만 다를 뿐 같은 분포를 하고 있다고 가정을 하고 두 그룹의 중앙값의 차이가 0인지 여부를 검증하는 방법이다.

두 그룹의 표본크기가 10 이상이면 통계량 S 는 근사적으로 평균이 $\frac{m(m+n+1)}{2}$, 분산이 $\frac{mn(m+n+1)}{12}$ 인 정규분포를 따른다.³¹⁾ 이를 바탕으로 S 를 정규화하면 다음과 같이 T 는 표준정규분포를 따른다.

$$T = \frac{S - m(m+n+1)/2}{\sqrt{mn(m+n+1)/12}} \text{-----}(23)$$

30) 이와 관련한 설명은 박만희(2008) 연구를 재구성함.

31) m : 1 그룹의 표본 수, n : 2 그룹의 표본 수

통계량 T 를 이용하여 유의수준 α 에서 ‘두 그룹(오염물질 고려한 경우와 고려하지 않은 경우)이 동일한 모집단에 속한다’ 혹은 ‘두 그룹의 효율성 값이 동일한 분포를 따른다’라는 귀무가설을 검증할 수 있다. 만약 $T \leq -T_{\alpha/2}$ or $T \geq T_{\alpha/2}$ 이면 귀무가설을 기각한다.

본 연구에서는 비소망재를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 생산성이 동질한지를 파악하기 위해서 양측검정을 이용하여 귀무가설과 대립가설을 아래와 같이 설정한다.

귀무가설(H_0) : 비소망재를 고려한 경우(MLPI)와 고려하지 않은 경우(MPI)의 생산성에는 차이가 없다.($MLPI = MPI$)

대립가설(H_1) : 비소망재를 고려한 경우(MLPI)와 고려하지 않은 경우(MPI)의 생산성에는 차이가 있다.($MLPI \neq MPI$)

5. 산출손실액 분석모형

가. 산출손실의 의미

산출손실은 도시들이 오염물질을 줄일 때, 유익한 산출물을 희생시키지 않으면서 줄일 능력이 부족할 경우를 나타낸다. 오염물질을 줄이는데 따르는 산출손실은 오염물질을 고려한 모형에서 오염물질을 줄일 때 산출손실이 없는 경우의 효율성(자유처분하의 효율성)과 오염물질을 줄여야만 하는 경우의 효율성(제약처분하의 효율성)이 일치하지 않기 때문에 비롯된다. 만약 어떤 생산단위가 오염물질을 줄일 때의 효율성 값이 자유처분하의 효율성과 제약처분하의 효율성이 같다면 해당 생산단위는 오염물질을 줄이는데 제약을 받지 않는다는 의미이다. 즉 오염물질을 줄일 때 산출물을 희생시킬 필요가 없다. 이와 달리 만약 어떤 생산단위가 오염물질을 줄일 때의 효율성 값이 자

유치분하의 효율성과 제약처분하의 효율성이 같지 않다면 해당 생산단위는 오염물질을 줄이는데 제약을 받는다는 의미이고 반드시 다른 유익한 산출물을 함께 줄여야만 하는 상황이 된다. 이에 따라 이러한 생산단위는 오염물질을 줄이기 위해 유익한 산출물 생산을 포기해야 하고, 산출물의 손실이 발생하게 된다. 이러한 생산단위는 자유처분 능력이 부족하다고 한다.

자유처분하의 효율성과 제약처분하의 효율성 차이는 오염물질을 줄이기 위해 포기해야 하는 생산단위의 산출손실이라 할 수 있다³²⁾. 도시마다 오염물질이 생산성에 미치는 영향이 다르기 때문에 그 차이는 도시마다 다르게 나타난다. 두 값의 차이가 클수록 오염물질 저감 능력이 좋지 못하다는 것을 의미한다.

나. 산출손실액 추정

오염물질을 줄이는데 따르는 산출손실액은 도시별로 오염물질을 줄이는데 부담이 없다고 가정하는 자유처분하의 효율성과 산출을 동시에 줄여야 한다고 가정하는 제약처분하의 효율성의 차이에 해당 도시의 지역내총생산액을 곱하여 얻을 수 있다. 효율적인 도시는 오염물질 저감에 따른 산출손실이 없다는 기준에서 추정된 것이므로 산출손실액은 상대적인 손실액이다. 산출손실액은 ‘두 효율성의 차이*해당도시의 부가가치’에 의해 구해지므로, 산출손실액은 해당 도시의 오염물질 저감능력과 부가가치의 크기와 비례한다.

생산과정에서 배출되는 오염물질은 NO_x, PM₁₀ 뿐이며, 유익한 산출물과 함께 이 두 오염물질이 동시에 배출된다고 가정한다. 산출손실은 오염물질에 자유처분을 가정한 후 구한 방향거리함수 값에서 오염물질에 제약처분을 가정한 후 구한 방향거리함수 값의 차이로 표현된다.

32) 오염물질을 줄여야 할 의무가 없다면 이러한 상황이 나타나지 않으므로, 이러한 산출손실을 오염물질을 줄여야 하는 상황 즉 환경규제로 인한 기회비용 또는 산출손실이라고도 함.(김은순 외, 2002).

$$\text{산출손실액} = \left\{ \overrightarrow{D_s^t}(x^t, y^t, b^t; g) - \overrightarrow{D_w^t}(x^t, y^t, b^t; g) \right\} \times \text{해당도시의 부가가치} \quad \text{-----}(24)$$

$$\text{오염물질 배출량당 산출손실액} = \frac{\text{산출손실액}}{\text{해당도시의 오염물질 배출량}} \quad \text{-----}(25)$$

여기서, $\left\{ \overrightarrow{D_s^t}(x^t, y^t, b^t; g) - \overrightarrow{D_w^t}(x^t, y^t, b^t; g) \right\}$ 는 오염물질에 대한 자유처분의 방향거리함수 값에서 제약처분의 방향거리함수 값을 뺀 값이고, 아래첨자 s 는 자유처분을, w 는 제약처분을 의미한다.

6. 규모수익 평가모형³³⁾

가. 규모수익의 의미

규모에 대한 수익은 투입요소 비율을 일정하게 유지하면서 규모를 증가시킬 때 생산량이 어떻게 변화하는가를 설명하기 위한 개념이다. 고정요소와 가변요소와 산출물의 관계를 함수로 나타낸 것이 단기생산함수이고, 한계생산체감의 법칙에 따라 단기생산함수의 형태가 결정된다. 단기와는 달리 장기에서는 모든 요소가 가변적이기 때문에 요소투입을 동시에 증가시킬 경우 이에 따른 산출량 변화를 고려하는 개념이 필요하다.

모든 생산요소를 동시에 증가시킬 때 산출량이 이에 비례하여 동일하게 증가하는 경우를 규모에 대한 수익불변(Constant Returns to Scale: CRS), 더 감소하는 경우를 규모에 대한 수익체감(Decreasing Returns to Scale: DRS), 더 증가하는 경우를 규모에 대한 수익체증(Increasing Returns to Scale: IRS)이라고 한다. 규모수익체증인 경우에 규모의 경제(Economics of Scale)가 존재한다고 하고, 규모수익체감인 경우에 규모의 비경제(Diseconomics of Scale)가

33) 이와 관련한 설명은 박만희(2008) 연구를 재구성함.

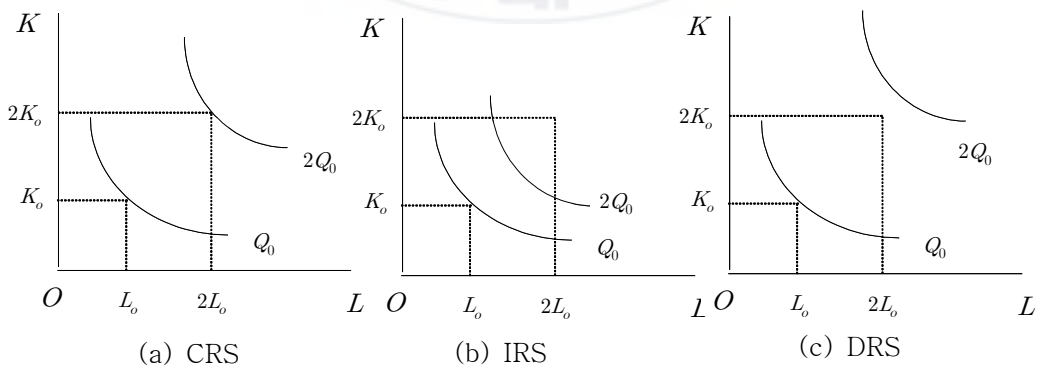
존재한다고 한다. 이처럼 규모에 대한 수익이 여러 형태로 나타나는 원인은 다음과 같다.

첫째, 규모에 대한 수익이 불변인 경우는 생산자가 생산과정을 그대로 복제하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 즉, 모든 생산요소를 동시에 2배로 증가시키는 경우로, 생산 공장을 복제하여 모든 조건을 동일하게 하고 다른 곳에 건설한다면 생산량은 정확히 2배로 증가할 것이다.

둘째, 기업이 생산규모를 증가시킴에 따라 분업화, 전문화, 등에 의해 작업의 효율성이 확대되어 생산이 비약적으로 증가할 수도 있다. 이런 경우 규모에 대한 수익이 체증하게 될 것이다.

셋째, 생산규모가 증가함에 따라 오히려 의사전달 및 의사결정체계가 복잡해지는 등 경영상의 비효율이 발생하는 경우 규모에 대한 수익이 체감한다.

규모에 대한 수익은 기하학적으로는 등생산량곡선들 사이의 공간으로 설명할 수 있다. 생산량이 증가할수록 등생산량곡선이 바깥쪽에 위치할수록 생산량이 2배가 되는 등생산량곡선 사이의 공간이 벌어진다면 동일한 생산량 증가를 위해 더 많은 생산요소 투입을 필요로 하는 것이므로 규모에 대한 수익이 체감하는 경우가 될 것이다. 반대로 등생산량곡선 사이의 공간이 줄어들다면 동일한 생산량 증가를 위해 추가적으로 보다 적은 투입요소량을 필요로 하므로 규모에 대한 수익이 체증하는 경우이다. 이를 그림으로 나타내면 [그림 3-7]과 같다.



[그림 3-6] 규모수익과 등생산량곡선

그림 (b)에서 생산요소의 투입이 2배로 증가할 때 산출량 수준이 2배 이상 증가하므로 규모에 대한 수익이 체증하는 경우이다. 그림 (c)는 반대로 규모에 대한 수익이 체감하는 경우이다. 일반적으로 장기생산함수는 다음과 같은 특징을 가진다고 가정한다. 산출량 수준이 낮을 때는 규모에 대한 수익이 체증(IRS)하다가 일정한 수준에서 수익불변(CRS) 현상을 나타내고, 산출량이 계속 증가함에 따라 규모에 대한 수익이 체감(DRS)한다.

나. 규모수익 평가

규모수익 평가는 규모수익비증가(Non Increasing Returns to Scale : NIRS) 기술효율성과 규모수익가변(VRS) 기술적 효율성 동일한지 여부를 조사하면 결정할 수 있다. 만약 NIRS와 VRS가 다르면 기업은 규모수익체증(IRS), 같으면 규모수익체감(DRS)이다. 또한 규모수익불변(CRS) 가정 기술적 효율성과 규모수익가변(VRS) 가정 기술적 효율성이 같으면 규모수익불변(CRS)이다. 규모수익 평가기준은 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> 규모수익 평가 기준

평가기준	규모수익(Return to Scale)
$NIRS \neq VRS$	규모수익체증(IRS)
$NIRS = VRS$	규모수익체감(DRS)
$CRS = VRS$	규모수익불변(CRS)

IV. 분석자료와 추정방법

제1절 분석자료

1. 표본과 변수의 선정 기준³⁴⁾

가. 표본의 선정

DEA모형을 적용하기 위해서는 산출물의 생산과 투입요소에 대해서 책임을 지고 있는 개별단위의 집합인 DMU가 존재해야 한다. DMU가 갖추어야 할 조건은 ① 의사결정단위 상호간 비교 가능, ② 투입·산출요소가 측정가능, ③ 분석대상이 동질적인 집단으로 구성되어야 한다.

분석하고자 하는 방향이 정해지면 어떤 범위까지가 동질적인 집단인가에 대한 판단이 필요하며, 이러한 동질적 판단은 분석자의 선호나 전반적인 조직 내외의 판단요소에 의해서 결정된다. 따라서 본 연구에서는 첫째, 동일한 시장 환경 하에서 과업을 수행하는 집단, 둘째, 동일한 경영목표 하에서 운영되는 유사한 과업을 수행하는 집단, 셋째, 투입·산출요소의 밀도나 양의 차이는 존재한다고 할지라도 과업을 특징짓는 요소들이 일치하는 집단들을 동질적 집단으로 규정하였다.

나. 변수의 선정

비교하고자 하는 DMU들은 공통적인 투입요소와 산출물을 사용해야 하며, 투입요소와 산출물은 직접적 혹은 간접적인 인과관계를 가지고 있어야 한다. 또한 DEA 분석을 함으로써 얻을 수 있는 결과는 각 DMU간의 효율성 정도

34) 이에 관한 설명은 김종천 외(2010)에서 재구성함.

뿐만 아니라 비효율적인 부분과 이에 따른 개선해야할 정도를 제시한다. 따라서 분석결과에 따라 실제 경영상에 도움이 될 수 있는 변수, 즉 인위적 관리가 가능하고 경영기법의 조정으로 개선할 수 있는 변수들이어야 한다. 따라서, DEA분석을 이행하기 전에 먼저 다음과 같은 사항들을 유의해야 한다.

첫째, 개선 가능성(Improvability)이다. 효율성 평가의 목적은 평가를 통해 정보를 얻어 투입, 산출과정상의 비효율을 파악하여 산출물의 극대화나 투입물의 극소화를 하는데 의의가 있으므로 평가변수는 인위적인 관리가 가능하며 경영상 개선여지가 있어야 한다. 즉, 실제 경영 개선에 도움이 될 수 있는 요소를 중심으로 선택하여야 한다.

둘째, 관리 가능성(Controllability)이다. 평가의 목적은 비효율성 지수를 얻기 위함이 아니라 앞으로 비효율성을 줄이고 산출의 극대화나 투입의 극소화를 목적으로 하므로 평가변수는 통제할 수 있는 변수로 정해야 한다.

셋째, 변수(Variable Number)의 수이다. 평가대상의 수에 비해 투입 및 산출 변수가 과도하게 많으면 거의 모든 기관을 효율적으로 판단하게 되는 문제가 발생한다.

일반적으로 효과적인 평가가 가능하려면 평가대상의 수(n)와 투입물의 수(x), 산출물의 수(y) 사이에 다음과 같은 관계가 성립한다. 이에 대해서 Banker et al.(1984)는 $n \geq 3 \times (x + y)$ 되어야 함을 제시하고, Fitzsimmons(1994)는 이를 완화한 $n \geq 2 \times (x + y)$ 되어야 한다는 연구결과를 제시하였다. 하지만 이것은 효과적인 평가를 위해서 수학적으로 만족해야 할 최소한의 사항일 뿐이며, 어느 정도 이상 되어야 신뢰도를 부여할 수 있는지에 대해서는 통계학적으로 규명된 것이 없다. 하지만 이러한 제한선이 있기 때문에 투입과 산출을 나타내는 모든 변수를 선택하는 것이 좋은 것이 아니라 투입과 산출을 적절히 대표할 수 있는 평가변수를 선택해야만 한다.

2. 식품제조업과 비소망재의 표본과 변수의 선정

본 연구에서 투입물은 노동과 자본이다. 노동과 자본은 통계청이 한국표준산업분류에 따라 구분한 광업 및 제조업조사³⁵⁾ 2008~2013년 6년간의 종사자수³⁶⁾와 유형자산³⁷⁾을 이용하였다. 한편 산출물은 부가가치와 대기오염물질배출량이다. 대기오염물질 가운데에서도 오늘날 도시에서 가장 문제가 되고 있는 질소산화물(NOx), 미세먼지(PM10)만을 대상으로 한다. 부가가치³⁸⁾는 광업 및 제조업조사 2008~2013년 6년간의 자료를, NOx와 PM10 국립환경과학원의 전국 시도별·부문별·배출원별 2008~2013년간의 자료를 대상으로 한다.

투입물인 노동과 자본은 통계청의 『광업 및 제조업조사』에 수집·공표된 시도별 종사자수와 유형자산을 이용했다. 투입요소로서의 노동은 양·질적인 측면(숙련도, 교육수준 등)을 고려해야 하지만 연구의 범위를 고려하여 양적인 변수인 종사자수를 적용하였다. 또한 생산성 변화 및 규모변화를 추정하기 위한 핵심적 요소인 자본은 동 통계조사를 통해서 유형고정자산 연말잔액을 기준으로 식품제조업에 대해 추정된 유형자산을 자본스톡으로 사용하고 있다. 그

35) 통계명 광업·제조업 조사로 통계종류는 지정·조사통계임. 조사목적은 광업 및 제조업 부문의 구조와 분포를 파악하여 정부의 경제정책수립, 기업의 경영계획수립, 대학과 연구소등의 연구활동 및 국제비교 등에 필요한 자료와 광업과 제조업을 대상으로 하는 각종 표본조사의 모집단 자료를 제공하는데 목적이 있다. 조사주기는 연간조사로 매년 조사 실시함.

36) 종사자 : 상용근로자, 임시 및 일용근로자, 자영업자, 무급가족종사자 및 기타종사를 종사상의 직위별로 연말기준으로 각각 해당 사업체의 종사자수를 조사한 것임. 상용근로자는 1년 이상인 임금근로자 또는 고용 계약기간이 정해지지 않고, 정규직으로 일하는 자, 임시 및 일용근로자는 고용계약 기간이 1년 미만인 근로자, 자영업자는 개인사업체를 소유하며 자신의 책임 아래 사업체를 직접 경영하는 자, 무급가족 종사자는 자영업자의 가족이나 친인척이 무보수로 사업체의 업무를 돕는 자로서 정규근무시간의 1/3이상을 근무한 자, 기타종사자는 일정한 급여를 받지 않고 일한 실적에 따라 수수료 봉사료 등을 지급 받는자를 말함.

37) 유형자산 : 토지와 1년 이상의 내구성 있는 건물, 구축물, 기계장치, 기구, 비품, 차량, 운반구 및 선박 등을 말함. 토지와 건설 중인 자산 등 비상각자산을 제외한 대부분의 유형자산은 사용 또는 시간의 경과에 따른 가치감소분에 대해 감가상각을 통해 비용으로 배분되며 취득 원가에서 감가상각누계액과 감액손실 누계액이 차감된 순액으로 표시됨

38) 부가가치 : 생산액에서 원재료비, 연료비, 전력비, 용수비, 외주가공비 및 수선비 등 주요 중간투입비를 공제한 것을 말함. 따라서 이 부가가치(센서스 부가가치)는 국민계정상의 부가가치와는 산출방법의 차이로 인해 일치하지 않음.

리고 대부분의 선행연구에서도 입증된 변수이다.

산출물인 비소망재는 국립환경과학원의 『대기오염 배출량 조사』에서 수집·공표된 시도별 질소산화물과 미세먼지 자료를 이용했다. 도시의 오염물질 배출량은 해당 도시의 점오염원³⁹⁾ 뿐 아니라 비점오염원(이동오염원)⁴⁰⁾에 의한 배출량을 합한 값이다. 환경부 자료에 따르면 1999년부터 2008년 동안 대기오염물질 배출량 가운데 비점오염원에 의한 배출량이 차지하는 비중이 60%에 이를 정도로 점오염원이 대기오염의 주된 배출원이라고하기 힘들다. 도로상의 비점오염원에 의한 배출량은 도로상에 있는 차량에서 배출되는 대기오염물질배출량에서 추정하는데, 이 배출량에는 생산을 목적으로 하는 이동 외에도 소비를 목적으로 하는 이동도 있을 수 있다. 하지만 소비활동은 재생산 활동이며, 생산활동을 지원하기 위한 것이므로 도시의 점오염원과 도로상의 비점오염원에 의한 배출량을 모두 해당 도시의 생산활동 과정에서 배출된 것으로 간주할 수 있다. 생산과정에서 유익한 산출물과 함께 배출되는 오염물질을 산출물로 고려하고자 한다면, 대기, 수질, 폐기물 등 환경오염을 일으키는 다양한 매체를 포함해야 한다. 하지만 도시별로 수질오염물질 배출량 및 산업폐기물 등 자료가 구축되어 있으나 시계열별 누락이 심하여 적용이 곤란하다. 이에 비해 대기오염물질의 경우는 국립환경연구원에 의뢰하여 1999년부터 시·군·구 행정구역단위 배출량 자료가 구축되기 시작하여 2013년까지 비교적 정리가 잘 되어 있으나, 통계자료의 정시성이나 관련성은 낮아 최근 자료의 업로드 적용은 다소 어려운 상태에 있다.

대기오염물질 가운데 아황산가스(SO₂)를 포함하지 않은 이유는 1980년대 이후 저황유, LNG 보급 등으로 일부 공업도시를 제외하고는 도시에서 더 이상 아황산가스가 문제되지 않기 때문이다.⁴¹⁾

39) 점오염원(點汚染源, point pollution source) : 생활하수·산업폐수·축산폐수처럼 오염물질이 특정한 지점에서 발생하는 오염원.

40) 비점오염원(非點汚染源, nonpoint pollution source) : 양식장·야적장·농경지배수·도시노면배수 등과 같이 광범위한 배출경로를 갖는 오염원.

41) 김미숙 외, 2007, “오염물질 배출량을 고려한 도시 생산성 변화”, 「국토계획」, 제42권 2호, pp.69~83.

본 연구에서는 2차 산업 중에서 중분류 세부항목인 식품제조업을 대상으로 하여 17개 도시(주요 도시와 기타 도시)의 모든 생산 활동을 포괄한다. 보다 구체적으로 말하자면, 도시는 행정구역상 주요 광역도시와 기초자치단체인 시·군·구가 포함된 기타대도시를 말한다. 즉, 연구 목적에 맞는 자료가 구축되어 있는 서울을 비롯한 광역대도시 7개와 경기도, 강원도, 충청도, 전라도, 경상도, 제주도의 9개 그리고 전국을 포함하여 총 17개 도시를 대상으로 한다.

식품제조업의 17개 DMU와 투입·산출 자료 및 출처, 식품제조업의 한국표준산업 분류는 <표 4-1>, <표 4-2>과 같다.

<표 4-1> 식품제조업 17개 DMU별 투입·산출 자료 및 출처

DMU	항목		대리변수	단위	출처	
전국	투입	노동	종사자수	명	· 광업 및 제조업 조사(2008~2013년) -2차 산업 중 식품제조업 -17개 시·도별(통계청 KOSIS)	
서울시		자본	유형자산	백만원		
부산시						
대구시						
인천시						
광주시						
대전시						
울산시	산출	부가가치	부가가치 (2008=100)	백만원		
경기도		대기 오염물질	미세먼지 (PM10)	Kg	· 대기오염 배출량 조사(2008~2013년) -17개 시·도별 식품제조업 연소 -국립환경과학원(NIER)	
강원도						
충청북도						
충청남도						
전라북도						
전라남도						
경상북도						
경상남도						
제주도						질소산화물 (NOx)

<표 4-2> 식품제조업 한국 산업 표준 분류

대분류	C 제조업(10~33)
중분류	식품제조업=식품제조업(10) + 음료제조업(11)
소분류	도축, 육류 가공 및 저장 처리업(101)
	수산동물 가공 및 저장 처리업(102)
	과실, 채소 가공 및 저장 처리업(103)
	동물성 및 식물성 유지 제조업(104)
	낙농제품 및 식용빙과류 제조업(105)
	곡물 가공품 제조업(106)
	떡, 빵 및 과자류 제조업
	동물용 사료 및 조제 식품제조업(108)
	발효주 제조업(111)
	비알콜음료 및 얼음 제조업(112)

3. 분석자료의 개요

식품제조업의 비교분석을 위해 자료가 확보된 전국포함 17개의 시도를 선정하였으며, 분석기간은 2008~2013년까지 6년간으로 한국표준산업분류에 입각한 통계청의 통계명 ‘광업 및 제조업 조사’와 국립환경과학원의 ‘국가 대기오염물질 배출량 조사’의 시도·산업별 패널자료를 이용하여 DMU를 17개의 시도로 구분하고 2개의 투입요소와 2개의 산출요소에 대해서 식품제조업 생산성 변화 측정을 위해 MPI와 MLPI 분석을 수행한다.

DEA분석을 위해 요구되는 DMU의수에 대한 두 가지 기준인 Banker et al.(1984)의 보수적 기준과 Fiszsimmons(1994) 완화 기준이 제시되어진다. 여기서는 통계자료 DMU의 수가 보수적 기준을 충족하여 이를 적용한다.

따라서 본 연구에서는 식품제조업의 특징을 잘 반영할 수 있는 변수들로서 투입요소와 산출요소간의 인과관계가 있고 개선 가능성이 있는 대리변수로

종사자수, 유형자산, 부가가치, NOx(질소산화물), 미세먼지(PM10)를 선정하였다. 이는 대부분 선행연구에서 검증된 변수들이다.

본 연구에서 아래 <표 4-3>의 분석자료의 기술통계 특성을 요약 정리하면 다음과 같다⁴²⁾.

2008~2013년 전체기간 동안 종사자수는 평균 20,308.54 명으로, 최소 901명~최대 183,800명으로 꾸준한 증가세를 보여, 일자리 창출효과가 큰 업종임을 보여주고 있다. 그러나 2010~2010년은 종사자수가 둔화 되었는데, 이는 식품 및 식품첨가물 제조산업의 전체 고용규모가 약 23만 명으로 전년 대비 45%가 증가하여, 지속적인 증가추세를 보이고 있었지만, 업체당 고용인원은 11.3명으로 전년대비 감소한 것에 기인한 것으로 보고되고 있다. 유형자산은 평균 2,659,850.42 백만 원으로 최소 185,756 백만 원~최대 271,304,743 백만 원으로 2008년 세계 금융공황의 충격으로 식품제조업(축산물가공품 제외)의 규모 및 구조가 축소되어 재편되는 양상을 반영하고 있다. 그리고 부가가치도 고용규모 변화와 비슷한 양상을 보여주고 있으며, 전년 대비 높은 부가가치 증가를 보인 2012년 이후 느린 성장세를 보이고 있다. 이는 사회 전체적으로 웰빙이 보다 이슈가 되어 전통식품과 음료류 생산액이 증가되고, 커피시장의 포화로 인해 성장세가 큰 폭으로 감소한 것에 기인한 것으로 보고되고 있다.⁴³⁾

2013년 통계청 ‘광업제조업동향조사’ 기준 음식료 품목별 출하량 증감율을 살펴보면, 전체 36개 품목 중 21개 품목에서 전년대비 출하량이 감소를 기록하였다. 이는 음식료품은 필수재로 경기변동의 영향을 적게 받는 특성을 지니나, 최근 내수 경기 부진의 장기화와 가계 부채 증가로 인한 소비여력의 감소, 대형마트 의무휴업 확대에 의한 구매량 감소가 식품 매출 성장의 감소, 음식료 출하 감소를 가져왔다고 보고되고 있다.

42) 통계청, 통계포털시스템, kosis.kr, 「광업·제조업 조사 보고서」, 2008~2013.

43) 한국보건산업진흥원, khidi.or.kr, 2013.

<표 4-3> 분석자료의 기술통계 특성

(단위 : 명, 백만원, kg)

년도	변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값	
2008	투입	종사자수	18,892.2	37,733.3	901.0	160,584.0
		유형자산	2,147,644.6	4,274,945.7	185,756.0	18,254,979.0
	산출	부가가치	2,429,548.2	4,880,002.9	132,003.0	20,651,160.0
		PM10	102,159.8	223,456.5	3.2	868,358.0
		NOx	239,930.5	513,994.9	384.2	2,039,409.0
2009	투입	종사자수	19,592.7	39,122.8	1,226.0	166,538.0
		유형자산	458,006.7	919,234.7	41,756.0	3,893,057.0
	산출	부가가치	7,149,567.9	14,296,096.1	681,944.0	60,771,327.0
		PM10	4,613,925.4	9,215,055.9	399,853.0	39,218,366.0
		NOx	2,565,165.2	5,143,915.0	193,481.0	21,803,904.0
2010	투입	종사자수	20,131.6	40,287.1	1,274.0	171,119.0
		유형자산	488,485.8	982,042.3	43,795.0	4,152,129.0
	산출	부가가치	7,497,060.6	14,978,581.1	609,896.0	63,725,015.0
		PM10	4,856,951.5	9,693,645.1	360,635.0	41,284,088.0
		NOx	2,666,480.6	5,340,106.4	208,929.0	22,665,085.0
2011	투입	종사자수	20,131.6	40,287.1	1,274.0	171,119.0
		유형자산	488,485.8	982,042.3	43,795.0	4,152,129.0
	산출	부가가치	7,497,060.6	14,978,581.1	609,896.0	63,725,015.0
		PM10	4,856,951.5	9,693,645.1	360,635.0	41,284,088.0
		NOx	2,666,480.6	5,340,106.4	208,929.0	22,665,085.0
2012	투입	종사자수	20,923.2	42,098.4	1,150.0	178,839.0
		유형자산	540,946.3	1,094,324.6	35,716.0	4,626,664.0
	산출	부가가치	8,792,352.4	17,705,713.7	677,331.0	75,149,913.0
		PM10	5,774,245.1	11,613,808.5	404,237.0	49,400,752.0
		NOx	3,058,535.5	6,183,324.1	266,174.0	26,089,995.0
2013	투입	종사자수	21,519.8	43,318.7	1,202.0	183,800.0
		유형자산	571,468.1	1,157,422.5	41,236.0	4,884,474.0
	산출	부가가치	9,048,216.6	18,214,331.5	728,910.0	77,320,481.0
		PM10	5,874,237.2	11,813,660.9	405,300.0	50,238,384.0
		NOx	3,216,700.1	6,500,509.6	244,860.0	27,449,372.0

2013년 국립환경과학원 ‘대기오염물질 배출량 조사’를 살펴보면, 오염물질인 미세먼지와 질소산화물도 2008년과 2009년 사이에 급격히 증가한 이후 느린 성장세를 보여주고 있다. 이는 대내외적인 금융 한파로 인한 국내 제조업의 경영 부담을 정부가 고통분담 차원에서 규제 완화를 적용한데 기인한 것으로 보인다. 2011년 이후 오염물질 배출량이 둔화된 요인은 국민 건강을 담보로 한 환경정책이 비판을 받으면서 오염물질 배출에 대한 규제가 보다 미시적으로 강화된데 기인한다. 이는 그동안 대기환경기준으로 PM10을 관리하여 왔으나 PM2.5가 인체에 더 위해하다는 사실에 입각해 2011년 「환경정책기본법」 시행령을 개정하며 PM2.5의 대기환경기준을 신설하고 관리를 강화하였으며, 사회 전체적으로도 건강과 먹거리, 환경에 대한 국민들의 관심이 보다 증대된 것에 영향을 입었다고 볼 수 있다.

제2절 추정방법

1. 생산성

생산성 추정을 핵심적으로 정리하면 다음과 같다. 즉 각 도시의 생산성을 나타내는 방향거리함수 값을 구하기 위해서 아래의 선형계획식을 도시 수만큼 구성하여 해를 구한다. 그리고 분석기간이 6년이므로 17개의 선형계획식을 연도별로 투입 및 산출자료를 총 $17*(3*6-2)=272$ 회 반복 계산하여 추정한다.

추정값을 도출하기 위한 선형계획식을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 식 (27)~(28)의 좌변이 의미하는 것은 주어진 투입에 대해 최대 산출량을 나타내는 도시들의 선형결합에 의한 프런티어를 나타내며, z_j 는 17개 도시 당 하나씩 주어지는 가중치, $z=(z_1, \dots, z_{17})$ 는 표본내의 투입물 및 산출물

과 결합하여 관찰된 생산단위에 대해 이와 유사한 산출물 결합비율을 가지면서 가장 많은 산출량을 생산한 도시들로 이루어지는 생산프런티어 상에 가상의 도시를 만드는 역할을 한다.

식 (27)의 우변은 평가대상 도시의 유익한 산출물(식품제조업 부가가치)을 $(1+\beta)$ 배하면 최대산출량을 나타내는 도시와 같아진다는 것을 말한다. 그리고 식 (28) 우변은 오염물질을 $(1-\beta)$ 배 줄이면, 최대산출량을 나타내는 도시와 오염물질 배출량이 같아진다는 것을 나타냄. $j=1$ 은 질소산화물을 나타낸다.

식 (27)의 부등호는 유익한 산출물 y , 즉 지역내 식품제조업의 부가가치를 늘려 프런티어상의 도시로 이동할 때 다른 산출물과 독립적으로 이루어질 수 있다는 것이며, 식 (28)은 등호로 연결되어 있는데, 이것은 z 의 변화가 식 (26)과 독립적으로 이루어질 없다는 것을 나타냄. 즉 오염물질을 줄일 때 다른 산출물에도 영향을 준다는 것을 의미한다.

식 (29)의 부등호는 최대산출량을 나타내는 프런티어 상의 도시들의 투입물량 이상을 사용해야 한다는 것을 나타내고, 식 (30)의 $\sum_{k=1}^{17} z_k^t = 1$ 는 생산가능집합이 규모수익가변이라는 것을 의미하며, 평가대상 도시가 지향하는 프런티어상의 도시들을 찾을 때, 유사한 규모의 도시를 찾도록 조정하는 역할을 한다.

$$\overline{D^t}(x_k^t, y_k^t, b_k^t : y_k^t, -b_k^t)_c = \max \beta \text{-----} (26)$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{17} z_k^t y_{km}^t \geq (1+\beta)y_{km}^t, m=1 \text{-----} (27)$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t b_{kj}^t = (1-\beta)b_{kj}^t, j=1 \text{-----} (28)$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t x_{kn}^t \leq x_{kn}^t, n=1,2 \text{-----} (29)$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t = 1 \quad z_k^t \geq 0, k=1, \dots, 17 \text{-----} (30)$$

2. 생산성 지수

생산성 지수는 2008년~2013년 6년 동안 각 연도의 생산성을 구하고, 프런티어 시점과 도시의 시점을 교차시켜 생산성을 구해야 한다. 즉 방향거리함수 값 추정을 위한 4개의 선형계획식 수립해서 구한다. 그리고 생산성 지수를 추정하려면 $n*(3*t-2)$ 회, 즉 272회 선형계획식을 세워 도시별로 구한다.

$$\overrightarrow{D}^t(x_k^t, y_k^t, b_k^t : y_k^t, -b_k^t)_c = \max \beta \text{-----} (31)$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{17} z_k^t y_{km}^t \geq (1+\beta) y_{km}^t, m=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t b_{kj}^t = (1-\beta) b_{kj}^t, j=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t x_{kn}^t \leq x_{kn}^t, n=1,2$$

$$z_k^t \geq 0, k=1, \dots, 17$$

$$\overrightarrow{D}^{t+1}(x_k^t, y_k^t, b_k^t : y_k^t, -b_k^t)_c = \max \beta \text{-----} (32)$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} y_{km}^{t+1} \geq (1+\beta) y_{km}^t, m=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} b_{kj}^{t+1} = (1-\beta) b_{kj}^t, j=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} x_{kn}^{t+1} \leq x_{kn}^t, n=1,2$$

$$z_k^t \geq 0, k=1, \dots, 17$$

$$\overline{D^t}(x_k^{t+1}, y_k^{t+1}, b_k^{t+1} : y_k^{t+1}, -b_k^{t+1})_c = \max \beta \text{-----} (33)$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{17} z_k^t y_{km}^t \geq (1+\beta)y_{km}^{t+1}, \quad m=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t b_{kj}^t = (1-\beta)b_{kj}^{t+1}, \quad j=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^t x_{kn}^t \leq x_{kn}^{t+1}, \quad n=1,2$$

$$z_k^t \geq 0, \quad k=1, \dots, 17$$

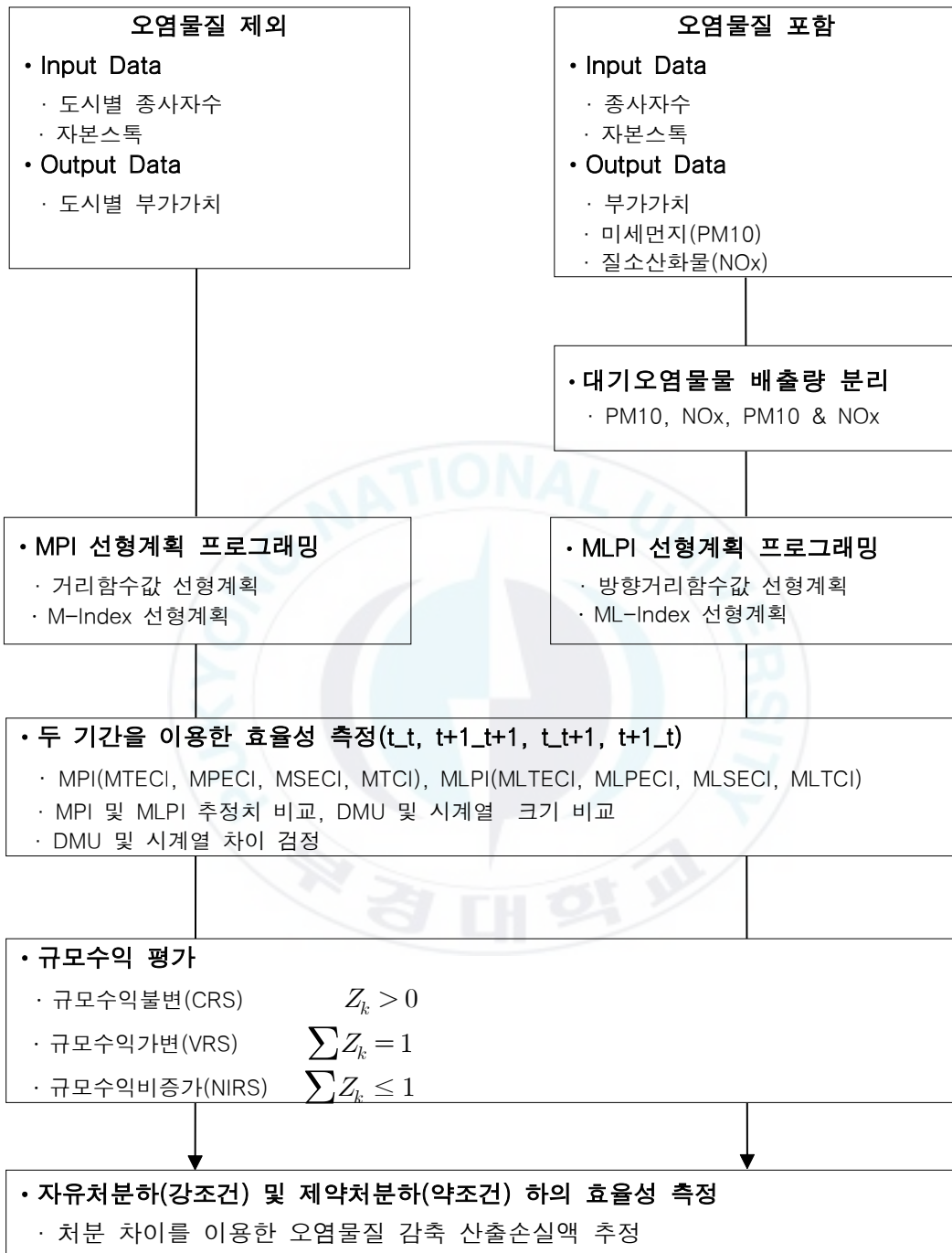
$$\overline{D^{t+1}}(x_k^{t+1}, y_k^{t+1}, b_k^{t+1} : y_k^{t+1}, -b_k^{t+1})_c = \max \beta \text{-----} (34)$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} y_{km}^{t+1} \geq (1+\beta)y_{km}^{t+1}, \quad m=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} b_{kj}^{t+1} = (1-\beta)b_{kj}^{t+1}, \quad j=1$$

$$\sum_{k=1}^{17} z_k^{t+1} x_{kn}^{t+1} \leq x_{kn}^{t+1}, \quad n=1,2$$

$$z_k^{t+1} \geq 0, \quad k=1, \dots, 17$$



[그림 4-1] 분석자료 및 추정방법

V. MPI와 MLPI를 이용한 생산성 지수 추정 결과

제1절 MPI를 이용한 생산성 지수 추정

1. 주요 도시 및 기타 도시 누적지수 변화 추이

주요 도시를 중심으로 MTECI의 변화를 살펴보면, 2008~2013년 전국의 MTECI에 대한 누적치 추세는 기준선을 유지하지 못하고 하락하는 모습을 보이고 있다. 세계 금융공황 충격으로 2008~2009년 74.6으로 가장 낮은 수치를 보여주었고, 2009~2010년 회복되는 양상을 보이며 89.9로 회복되는 듯하였으나, 이후 80선에서 정체하며 MPI의 증가 둔화에 영향을 주었다. 따라서 식품제조업의 시장이 이미 포화상태이기 때문에 식품제조업의 규모비효율성이 MPI의 변동 양상에 보다 부정적 영향을 끼칠 것으로 보여진다. 세부적으로 보면, 서울은 2008~2013년 기준선을 상회하며 2009년 이후 하락 안정적인 양상을 보여주고 있다. 2008~2009년에는 대외적인 여건의 어려움 속에서도 62.4%의 높은 성장률을 보여주었다.

이는 서울이 타 지역에 비해 정책 적인 지원상황이 원활하고, 인프라가 좋아 집적효과로 인한 빠른 회복세를 보여주고 있는 것으로 보인다. 그러나 2009~2011년 급격한 하락을 보여주어 이 기간 MPI 하락에 지대한 영향을 주고 있다. 이는 앞서 말한 바와 같이 전체 경제 활성화 차원의 동반 기조에서 환경과 웰빙을 중시한 시장의 변화, 환경정책의 강화로 인한 제조 부담과 혼잡의 집적 불경제가 어느 정도 작용하여 둔화된 양상을 보여주고 있는 것으로 보여진다. 따라서 서울지역은 규모가 이미 포화상태이므로 자본과 노동간의 최적 결합에 의한 노력으로 인한 효율성 증진으로 MPI의 상승과 하락을 견인하고 있다고 볼 수 있다.

부산은 2008~2009년 68.6으로 크게 하락 한 후, 2009~2011년 70.0 수준을 유지하였고, 2012년에는 가장 낮은 59.6%를 보여주었다. 이것은 부산 지역이 아직까지 저차 수준의 수산물가공 및 저장처리업 비중이 높은 반면, 기술수준과 부가가치가 높은 고차 가공과 연관되는 건강기능식품 및 식품첨가물 시장 진입과 점유율 확보를 위한 효과적이고 전략적인 투자가 이루어지지 못하기 때문일 수 있다. 따라서 자본과 노동간의 비효율성이 발생, 자본축적이 원활하지 않게 되어 정부 정책 자금에만 의존하는 쉐도우(Shadow) 기술혁신이 발생하여 MPI가 하락하고 있다고 볼 수 있다.

대구는 MPI 등락이 주로 MTECI에 변화되는 양상을 보여주고 있다. 2008~2010년 9.6% 상승하였으나, 2010~2013년 비교적 안정적인 규모효율성에도 불구하고 순수한 기술효율성의 하락 추세로 MPI가 하락하는 양상을 보여주었다.

인천은 2008~2009년 78.4의 낮은 MTECI로 MPI 하락의 주요인이었지만, 이후 안정적인 기술효율성과 기술진보로 2009~2011년 55.5% 수준의 높은 성장을 보여주었다. 그러나 2011~2013년 낮은 규모효율성과 기술진보의 퇴보로 말미암아 MPI의 하락 양상을 보여주었다. 이는 인천 지역 도시개발의 건축 경기 영향과 국내 항공사의 기내식 제조 관련한 수출이 전체 수출의 절반가량을 차지하여 원자재나 유가 등 대외적인 경기 불황에 영향 받기 때문인 것으로 보인다.

광주는 2008~2009년 91.2로 하락하였다가 2009~2010년 무려 23.5%나 상승하였으나 이후 80.4 수준으로 하락 하는 양상을 보여주고 있다. 이 지역은 MPI의 변화 양상이 주로 MTECI의 영향을 받고 있다. 규모효율성은 변화가 없으며, 전국에서 가장 열악한 지역으로 볼 수 있다. 이는 식품제조 기반 시설이 상대적으로 전무하며, 대부분 계절 의존적인 식품제조업과 관련된 유통업에 집중되어 있고 종사자 대부분도 기술 수준이 낮은 일용직이 대부분이

라는 사실에 기인한 것으로 보인다.

이 밖에 대전은 MPI의 변화 양상은 안정적인 MTECI에 의해 등락 변동을 하고 있다. 2009~2012년 최고 132.3, 평균 124.77 수준을 보여주었으며, 2012~2013년 하락하여 2011년 수준으로 회귀하는 양상을 보여주었다. 그리고 울산의 경우도 안정적인 규모효율성에도 불구하고 낮은 MTECI에 의해 MPI가 하락 양상을 보여주고 있다.

기타 도시 중 경기도와 경상남도를 중심으로 MTECI의 변동을 살펴보면, 먼저 경기도의 경우 MTECI가 2008~2009년 76.8로 하락 한 뒤, 2009~2010년 다시 회복 양상을 보이다가 2012년에는 77.5로 2009년도 양상을 반복하며 하락 추세를 보이고 있다. 그리고 기술효율성의 변화 중 규모 효율성 변화가 MPI의 변화 양상을 주도하고 있다. MPI는 2008~2010년 상승하며 119.6 수준을 보였으나 이후 하락하며 100.0 수준으로 접근하며 순수효율성의 안정성에 의해 지지대고 있다. 이는 2008년 대외 경기 여파로 인해 2008~2010년 종사자수가 늘어나는 노동집약적인 영업활동이 많아지고 1인당 유형고정자산소모가 낮아지기 시작하면서 1인당 부가가치가 하락하였다. 그리고 2011~2012년 더욱 심화되어 전반적으로 저부가가치 식품업종이 많고, 상당히 영세하고 고용 안정성이 매우 낮은 것에 기인한다고 보여진다.

경상남도는 2008~2013년 MTECI 변화 양상은 경기도와 비슷하지만 상대적으로 변화의 진폭이 심하게 나타났다. MTECI의 변화 양상은 규모효율성에 의해 주도되었지만, MPI 등락의 전반적인 회복양상은 순수기술효율성의 영향에 기인한 것으로 보인다. 2008~2009년 순수기술효율성과 규모효율성의 회복으로 MTECI는 65.2 수준까지 하락하는 양상을 보였다. 그리고 2009~2012년까지 평균 65.55 수준을 보이며 최저점 59.7을 찍고 2012~2013년 순수기술효율성이 MTECI와 MPI를 견인하며 회복양상을 보이고 있다. 이는 경상남도가 1인당 부가가치는 증가율이 작고 1인당 유형고정자산소모가 일정하고, 고용은 증가하는 성장 없는 고용 지역임을 보여준다. 특히 2010년을 기점으로

로 종사자 증가율이 2011년부터 1인당 유형고정자산소모를 초과하기 시작하면서 순수기술효율성이 MTECI를 견인하고 있으나 MPI는 변동은 소폭 증가하는 양상을 보여주었다.

주요 도시의 MTCI의 누적치 변화를 간략하게 살펴보면, 전국적으로 2008~2009년 기준선을 상회하며 MPI의 등락을 지지한 것으로 보인다. 2008~2010년 최고 142 수준을 보였으며, 2010~2013년 동안 평균 130.93 수준을 유지하며 MPI의 안정적인 추세를 이끌었음을 알 수 있다. 서울은 2011년 최고 152.9 수준을 보였으며, 2009~2011년 동안 평균 145.48 수준을 유지하며 MPI의 하락을 지지했으나 2011~2013년 118.3까지 떨어지며 MPI의 성장을 둔화시켰다.

부산은 2008~2009년 최고 142.4 수준을 보였으며, 2009~2012년 동안 평균 131.44을 보였으나, 전반적인 기술효율성의 퇴조로 말미암아 MPI의 하락을 지지하지 못하고 있다. 대구도 부산과 비슷한 양상이지만 2008~2009년은 MTCI가 MPI의 성장을 견인하고 있음을 알 수 있다. 그러나 2009~2011년 동안의 MTCI의 하락 폭이 깊고, 이 기간 MTECI도 퇴보해 2010~2013년 동안의 MPI는 하락 양상이 나타나고 있다.

인천은 서울과 비슷한 양상을 보여주고 있다. 2008~2011년 최고 133.3 수준을 보였으며, 평균 117.01 수준으로 MPI의 성장을 이끌었다. 그러나 2010년 이후 상대적으로 낮은 규모효율성과 MTCI의 하락에 기인되어 2011~2013년 MPI가 하락하고 있다. 광주도 MTCI의 변화 양상이 부산, 대구와 유사하지만 등락의 주기와 짧고 지속적인 하락 양상을 보여준다. 2008~2009년 최고 131.4 수준을 보이며 MPI의 성장에 기여했다. 그러나 2001~2013년 MTCI는 안정적인 규모효율성에도 불구하고 순수효율성 하락 추세와 맞물려 MPI의 하락에 영향을 끼치고 있다.

이 밖에 대전은 앞서 말한 바와 같이, MPI의 변화 양상은 안정적인 MTECI가 지지되고 MTCI 의해 등락 변동을 하고 있다. 그리고 울산의 MTCI 변동은 인천과 비슷하며, 2011년 최고 123.9 수준을 보여준 이후 지

속적으로 하락하는 양상을 보여주고 있다. 안정적인 규모효율성에도 불구하고 낮은 순수효율성에 의해 주로 영향 받으며 변동하고 있다.

기타 도시 중 경기도와 경상남도를 중심으로 MTCI의 변화를 간략하게 살펴보면, 경기도는 2008~2009년 최고 142.5 수준을 보였으며, 2009~2012년 평균 132.69 수준으로 등락을 거듭하였다. 2012~2013년 하락 추세를 보이고 있다. 2008~2009년의 MPI 상승은 순수효율성의 안정성과 MTCI의 증가되는 양상과 크기에 영향 받았으며, 2012~2013년 MPI 근소한 하락은 MTCI에 영향 받은 것으로 보인다. 경상남도는 2008~2009년 최고 142.4 수준 보였으며, 이 기간 MPI 하락요인은 MTECI 였다. 2009~2012년 MTCI가 평균 120.06 수준으로 등락을 거듭하며, 순수효율성과 함께 MPI의 하락에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.

<표 5-1>, [그림 5-1], [그림 5-2]는 DMU별 시계열 변화에 따른 생산성 지수 추정결과에 대한 이해를 돕기 위하여 2008년(T=1)을 100으로 하여 개별지수의 누적지수⁴⁴⁾를 구하여 개별지수에 대한 세부 결과 및 변화 추이를 보여주고 있다.

44) 누적지수는 다음과 같은 과정을 통하여 구할 수 있다. m_i 를 시점 i 의 MPI지수라고 하고 시점 t 의 누적지수를 CI_t 라고 하면

$$CI_t = CI_0 \times \prod m_i \text{로 정의할 수 있음.}$$

여기서, $CI_0 = {}^i C_{2008}^t = 100$, $i = \{2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013\}$ 이다.

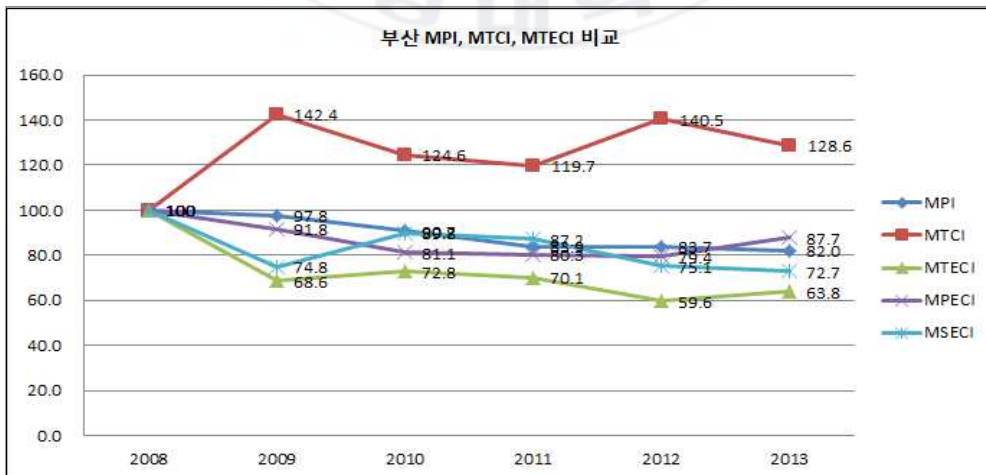
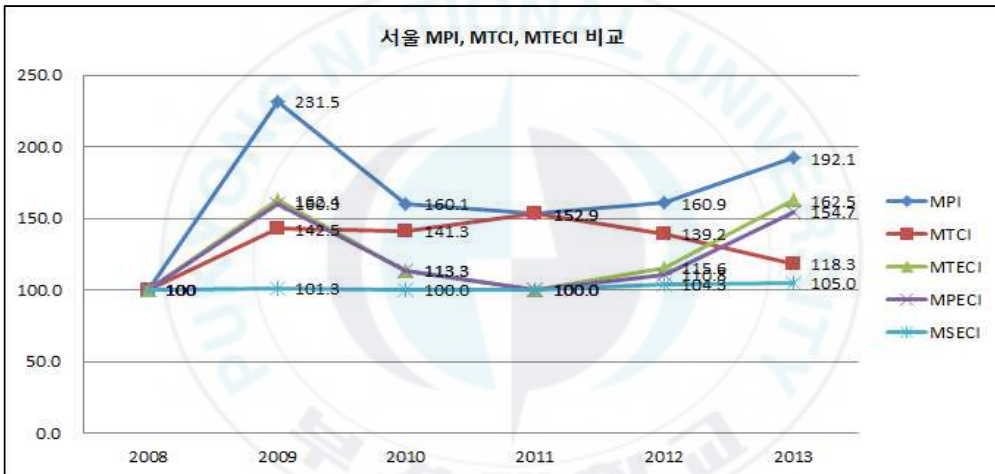
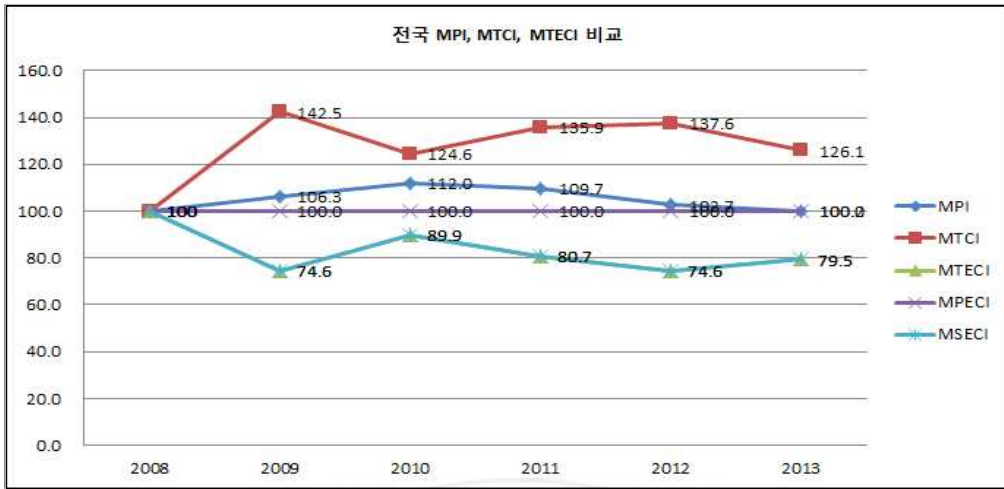
따라서, $\ln CI_{t+1} - \ln CI_t = \ln m_{t+1}$ 이 성립하고 $\frac{CI_{t+1}}{CI_t} = m_{t+1}$ 이다. 누적지수(CI_t)에 100을

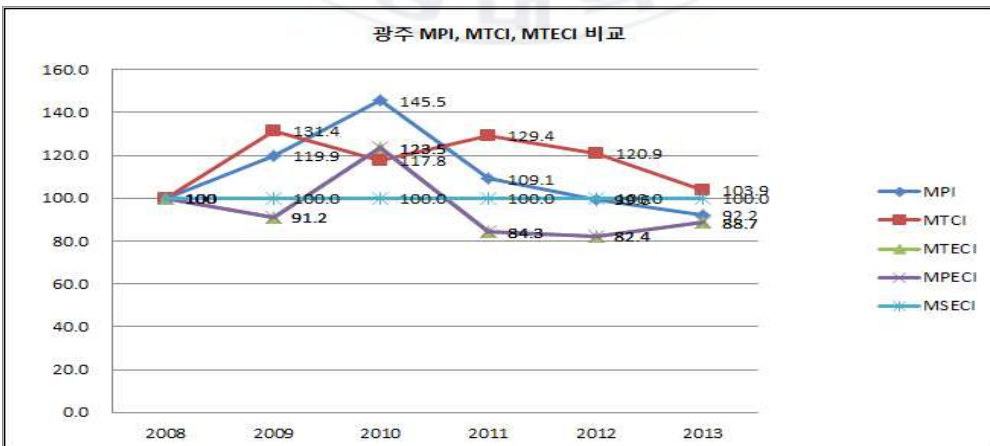
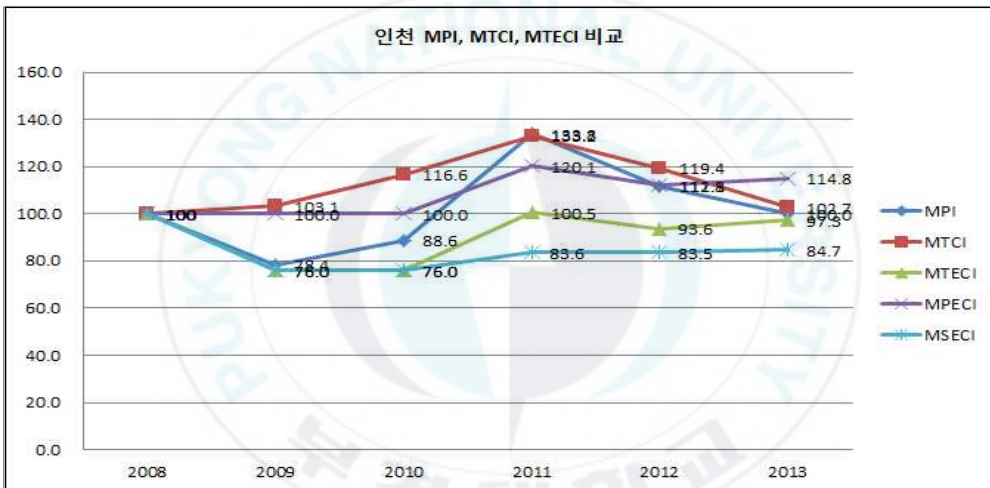
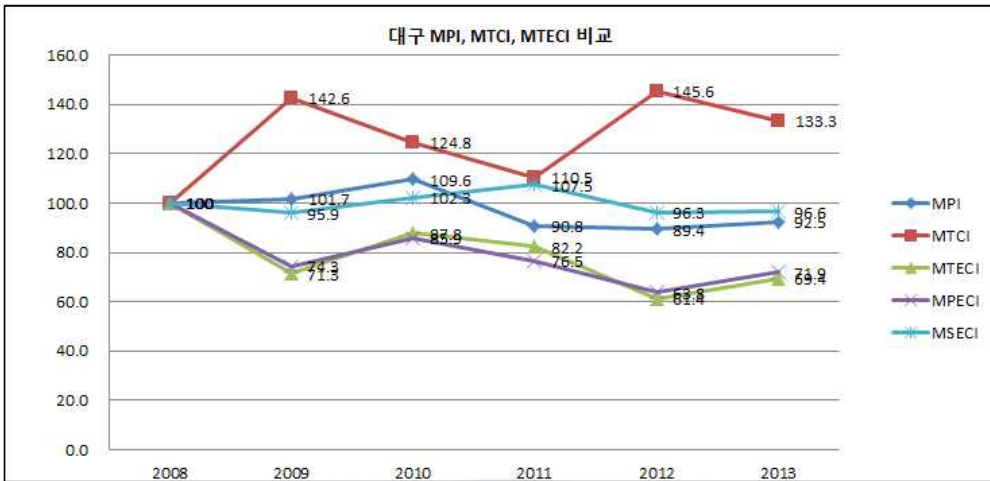
곱하면 2008년을 100으로 가정하였을 때의 누적지수를 구할 수 있음.

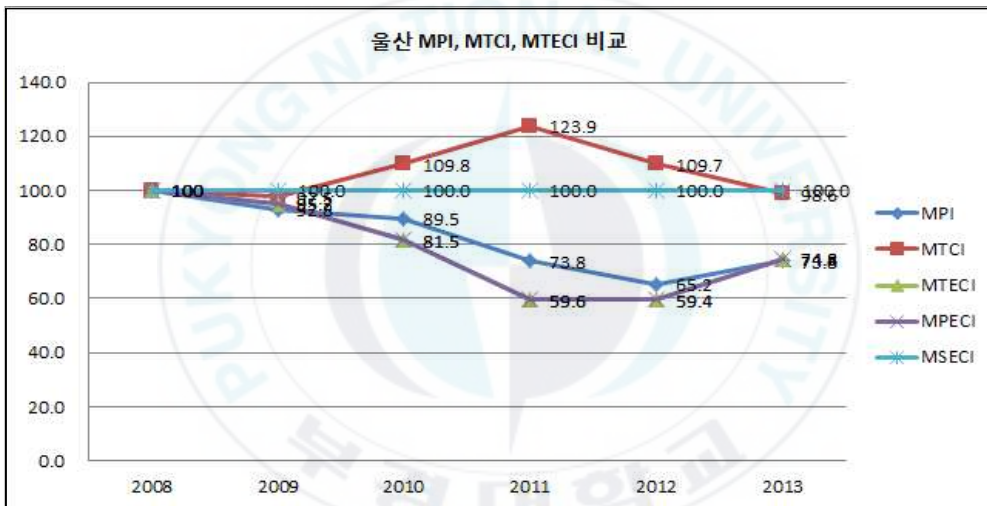
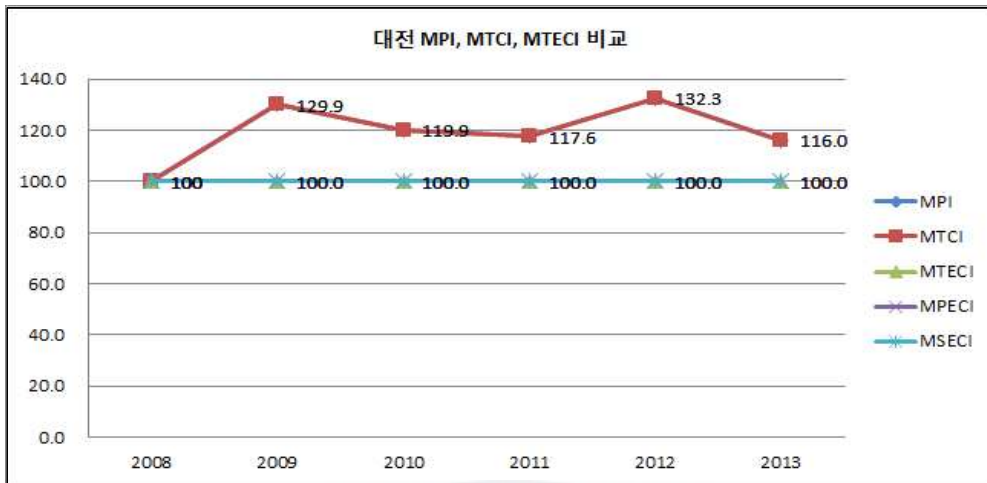
<표 5-1> MPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 개별지수의 누적지수 비교

구분 지수	DMU	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MPI	전국	100.0	106.3	112.0	109.7	102.7	100.2
	서울시	100.0	231.5	160.1	152.9	160.9	192.1
	부산시	100.0	97.8	90.7	83.9	83.7	82.0
	대구시	100.0	101.7	109.6	90.8	89.4	92.5
	인천시	100.0	78.4	88.6	133.8	111.8	100.0
	광주시	100.0	119.9	145.5	109.1	99.6	92.2
	대전시	100.0	129.9	119.9	117.6	132.3	116.0
	울산시	100.0	92.8	89.5	73.8	65.2	73.8
	경기도	100.0	109.5	119.6	114.4	106.8	105.0
	강원도	100.0	67.5	65.9	75.2	71.5	69.7
	충청북도	100.0	113.8	129.5	110.0	93.4	81.9
	충청남도	100.0	105.9	101.6	109.0	92.0	98.9
	전라북도	100.0	114.4	94.7	95.0	92.8	100.5
	전라남도	100.0	115.8	112.2	91.4	118.0	124.3
	경상북도	100.0	104.6	121.3	131.1	137.7	135.4
	경상남도	100.0	92.9	91.5	86.7	86.2	88.9
제주도	100.0	74.2	88.1	77.9	91.5	88.1	
MTECI	전국	100.0	74.6	89.9	80.7	74.6	79.5
	서울시	100.0	162.4	113.3	100.0	115.6	162.5
	부산시	100.0	68.6	72.8	70.1	59.6	63.8
	대구시	100.0	71.3	87.8	82.2	61.4	69.4
	인천시	100.0	76.0	76.0	100.5	93.6	97.3
	광주시	100.0	91.2	123.5	84.3	82.4	88.7
	대전시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	울산시	100.0	95.2	81.5	59.6	59.4	74.8
	경기도	100.0	76.8	95.9	90.3	77.5	83.2
	강원도	100.0	56.1	56.1	58.1	56.8	60.5
	충청북도	100.0	81.2	102.8	79.2	72.6	71.2
	충청남도	100.0	74.8	81.8	80.3	65.5	76.9
	전라북도	100.0	93.1	78.0	70.9	75.2	93.4
	전라남도	100.0	81.2	89.9	83.4	81.6	93.9
	경상북도	100.0	73.3	97.3	119.5	95.3	102.3
	경상남도	100.0	65.2	73.4	67.6	59.7	67.2
제주도	100.0	53.9	73.2	65.8	71.2	75.1	
MTCI	전국	100.0	142.5	124.6	135.9	137.6	126.1
	서울시	100.0	142.5	141.3	152.9	139.2	118.3
	부산시	100.0	142.4	124.6	119.7	140.5	128.6
	대구시	100.0	142.6	124.8	110.5	145.6	133.3
	인천시	100.0	103.1	116.6	133.2	119.4	102.7
	광주시	100.0	131.4	117.8	129.4	120.9	103.9
	대전시	100.0	129.9	119.9	117.6	132.3	116.0
	울산시	100.0	97.5	109.8	123.9	109.7	98.6
	경기도	100.0	142.5	124.7	126.6	137.8	126.2
	강원도	100.0	120.3	117.4	129.5	125.8	115.2
	충청북도	100.0	140.1	126.1	138.9	128.7	115.0
	충청남도	100.0	141.5	124.2	135.8	140.4	128.6
	전라북도	100.0	122.9	121.4	134.0	123.5	107.6
	전라남도	100.0	142.6	124.8	109.7	144.5	132.3
	경상북도	100.0	142.6	124.8	109.7	144.5	132.3
	경상남도	100.0	142.4	124.6	128.2	144.4	132.3
제주도	100.0	137.7	120.4	118.5	128.6	117.2	

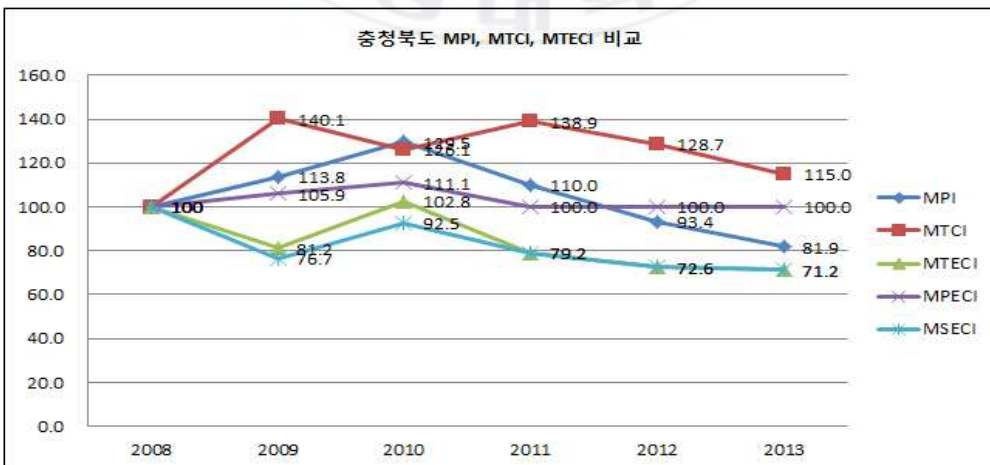
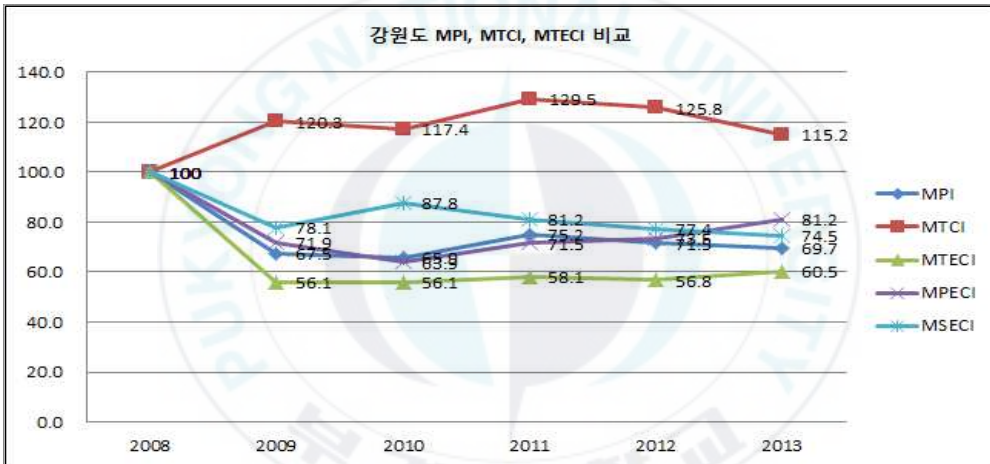
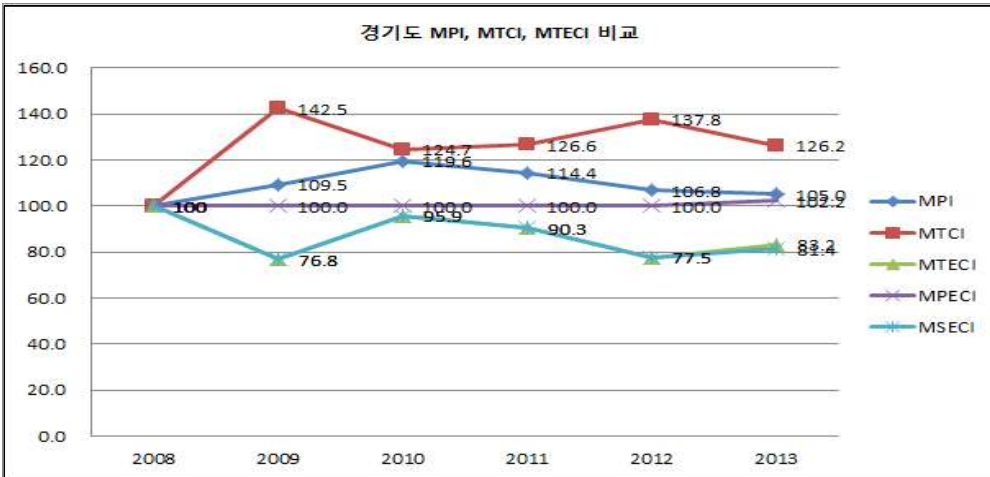
* 참고 2008을 기준년도 100으로 함

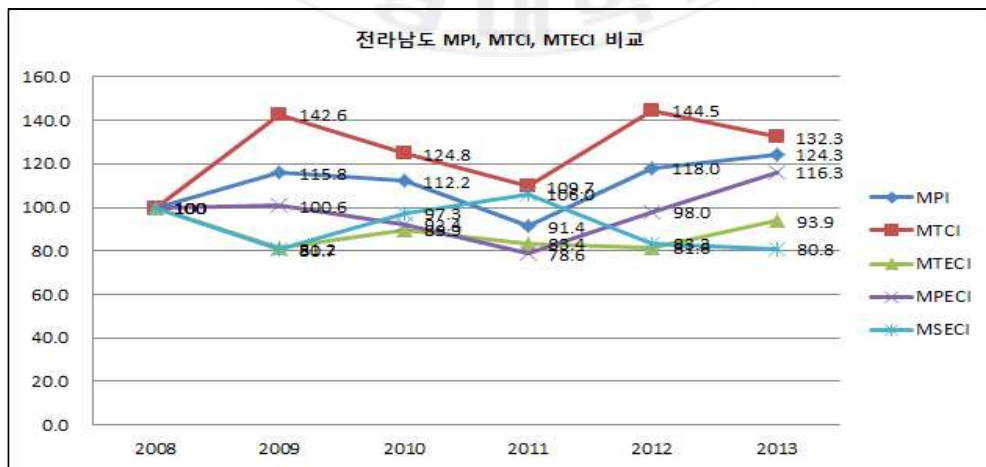
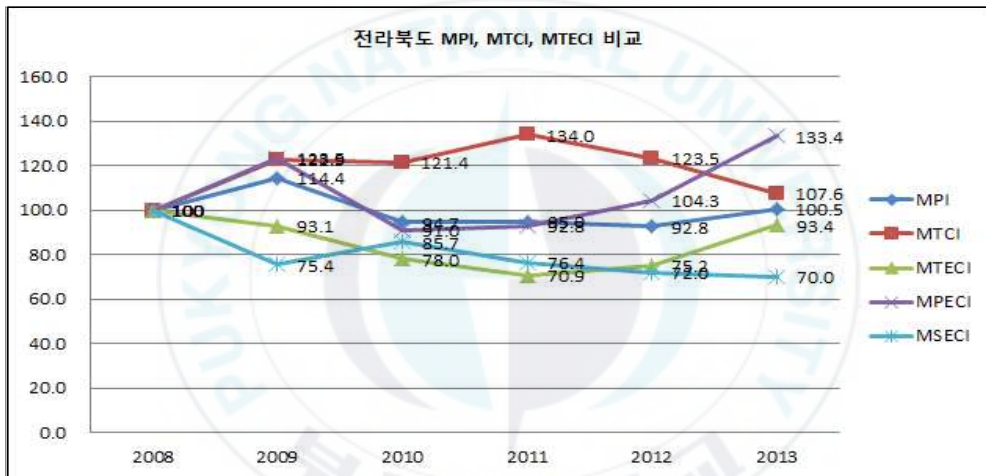
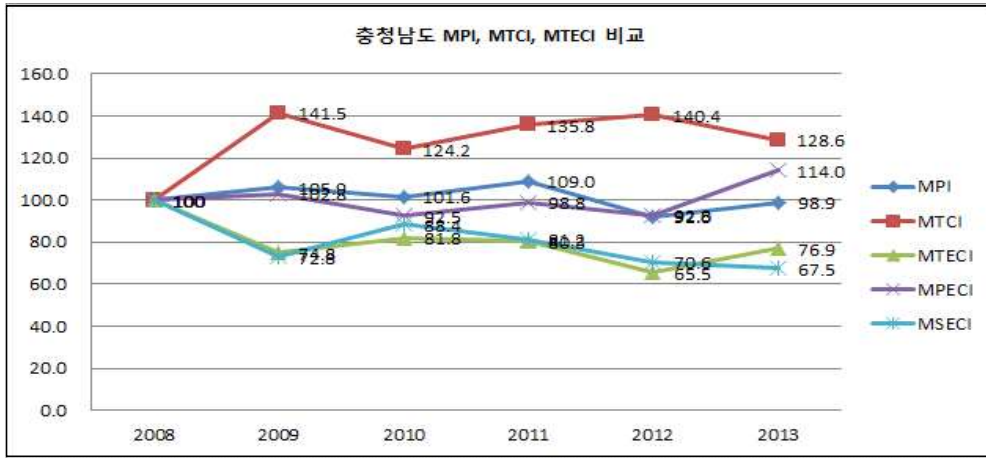


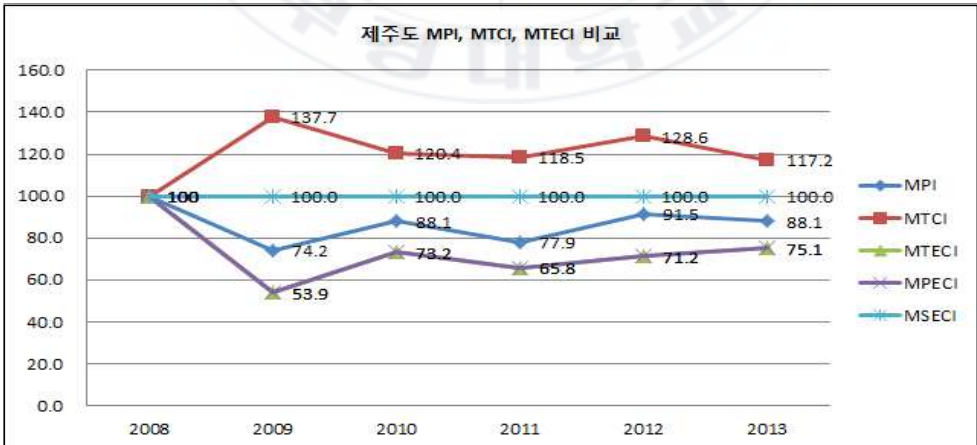
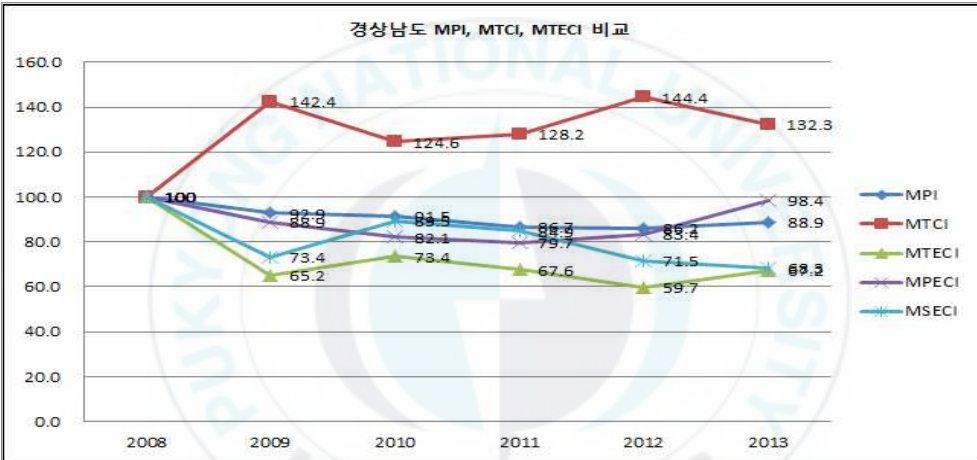
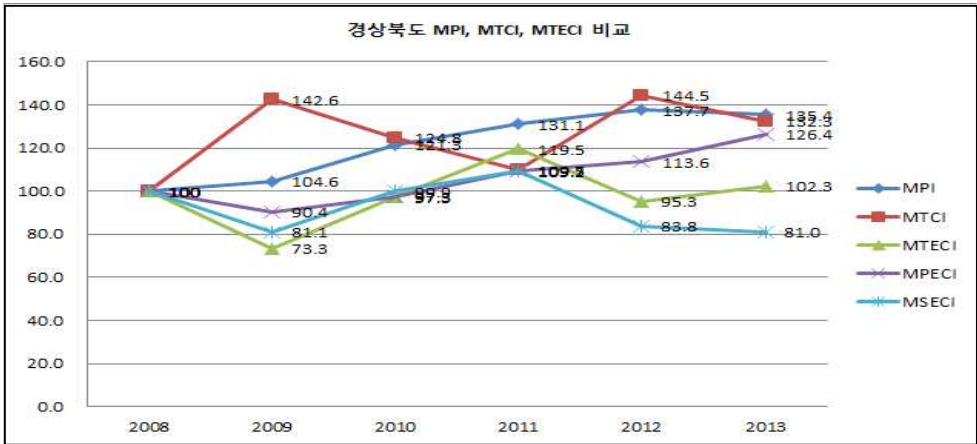




[그림 5-1] MPI를 이용한 주요 도시 누적지수 세부 비교







[그림 5-2] MPI를 이용한 기타 도시 누적지수 세부 비교

2. 시계열별 평균 생산성 지수 추정

<표 5-2>는 2008~2013년의 분석기간 동안의 MPI는 총요소생산성의 변화의 추정치를 보여준다. 이 기간 동안 MPI는 그 기하평균이 0.9988로 추정되어 평균적으로 1% 정도의 생산성의 하락되어 준효율적⁴⁵⁾으로 분석되었다. 기술 변화 지수인 MTCI는 1.0356로 추정되어 식품제조업 운영에 있어 투입과 산출의 기술적인 결합을 통한 효율성이 3.5% 정도 향상되어 효율적이었으며, 기술 효율적 변화 지수인 MTECI는 0.9537로 나타나 5% 정도 하락으로 준효율성을 나타내어 총요소생산성의 하락의 원인이 근소하나마 기술효율성의 퇴보에 의해서 발생했음을 알 수 있다. 또한, MTECI의 퇴보는 이것의 구성성분인 MSECI가 0.9642로 4% 정도 하락하고, MPECI가 1.0002로 거의 변동 없는 것으로 추정되어 MSECI에 의해 기인하였음을 보여준다. 그러나 분석기간을 세분하여 2008~2009년, 2010~2011년, 2011~2012년과 2009~2010년, 2012~2013년 대비 생산성에는 서로 다른 양상을 보이고 있다는 사실을 알 수 있다. 앞의 세 기간은 MTCI의 수준이 효율적이었음에도 MPI가 최하 0.9581에서 최대 1.0517로 생산성이 5% 하락에서 5% 향상되는 양상을 보여 주었다. 반면, 뒤의 두 기간은 MTECI의 수준이 효율적이었음에도 MPI가 최하 0.9986에서 최대 1.0072로 생산성이 1% 하락, 0.7% 향상되는 양상을 보여주었다. 이는 이 기간 동안 식품제조업의 생산성에ダイ나믹한 변화가 있었음을 보여주는 증거이다. 이러한 두 기간 동안의 총요소생산성의 변화의 원인들을 다시 세분하여 살펴보면, 2008~2009년은 MTCI가 1.3239로 최댓값을 보여 32%가 향상되었으나 다른 기간에 비해 MTEC, MPECI, MSECI가 각각 0.7390, 0.9476, 0.8383로 최솟값을 보여 각각

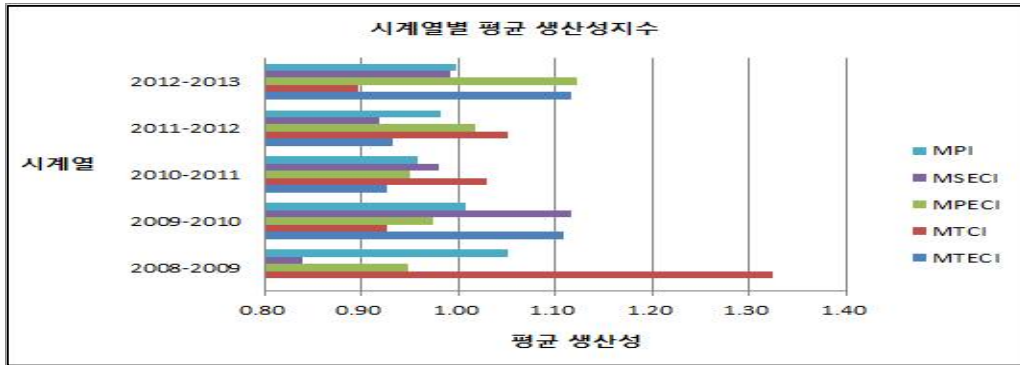
45) Ray and Bhadra(1993)는 효율성의 정도에 따라 크게 4가지로 구분하였다. 효율적(not violated) : 1.0, 준 효율적(weakly violated) : 0.9 이상 1.0 미만, 약 효율적(moderately violated) : 0.7 이상 0.9 미만, 비효율적(strongly violated) : 0.7 미만.

34%, 6%, 17% 하락하였는데 이는 주로 MSEC이 0.8383로 17% 하락하여 최솟값에 영향을 준 것으로 나타났다. 따라서 생산성은 5.1% 정도로 그쳤으나 MTCI에 힘입어 기간 중 최댓값을 보여 총요소생산성의 향상이 있었음도 알 수 있다. 2009~2010년 MTECI가 1.1077로 10.7% 향상되었다. 이는 MPECI가 0.9242로 8% 하락하였으나 MSEC이 1.1160, 11.6%로 최댓값을 보여 MPI가 0.7% 향상에 기여하였다. 2010~2011년은 MTECI가 0.9257로 8% 하락하고, 구성요소인 MPECI가 0.9511로 5% 하락하여 MPI가 0.9581로 5% 하락하는 최솟값을 보였다. 2012~2013년은 그러나 MTECI, MPECI가 각각 1.1171, 1.1217로 최댓값으로 나타났고 각각 11.7%, 12.1% 향상되었다. 그러나 MTCI가 0.8976의 최솟값을 보여 21% 하락하여 생산성은 1% 하락하는 결과를 보였다.

<표 5-2> 시계열별 평균 MPI

시계열별 평균 생산성 지수					
시계열	MTECI	MTCI	MPECI	MSEC	MPI
2008~2009	0.7390*	1.3239**	0.9476*	0.8383*	1.0517**
2009~2010	1.1077	0.9264	0.9742	1.1160**	1.0072
2010~2011	0.9257	1.0290	0.9511	0.9790	0.9581*
2011~2012	0.9321	1.0517	1.0166	0.9176	0.9810
2012~2013	1.1171**	0.8976*	1.1217**	0.9918	0.9986
기하평균	0.9537	1.0356	1.0002	0.9642	0.9988
표준편차	0.1559	0.1687	0.0722	0.1024	0.0348
최댓값	1.1171	1.3239	1.1217	1.1160	1.0517
최솟값	0.7390	0.8976	0.9476	0.8383	0.9581

**는 최댓값, *는 최솟값.



[그림 5-3] MPI를 이용한 시계열별 평균 생산성 지수

3. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 추정

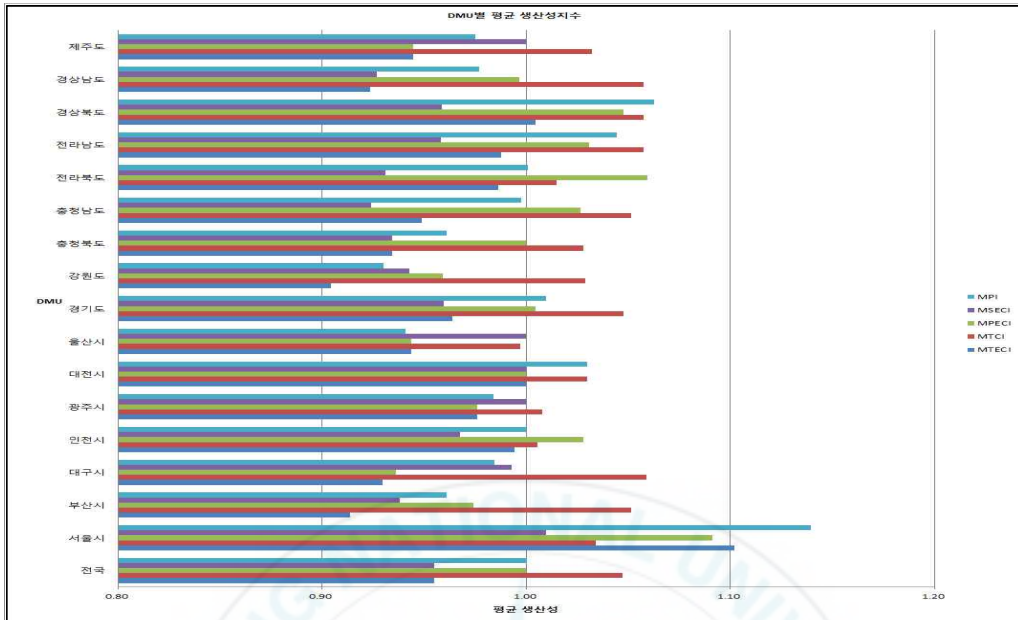
<표 5-3>은 앞서 추정된 분석 기간에서의 생산성추정의 기하평균을 DMU 별로 요약한 것이다. 2008~2013년 사이에 가장 높은 생산성의 향상을 보여준 DMU는 서울특별시로 연평균 13.9%의 생산성의 향상을 가져온 것으로 나타났고, 반면에 가장 낮은 생산성의 하락을 보여준 DMU는 강원도로 7%의 생산성의 하락을 가져온 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 서울특별시는 MTECI 1.1019, MTCI 1.0341, MPECI 1.0912, MSEC I 1.0098로 모두 효율적으로 추정되었는데 이중 MTECI, MPECI, MSEC I가 효율적일 뿐만 아니라 최댓값을 보여 DUM 중에서 가장 큰 총요소생산성의 값을 견인하였다. 반면에 제주도는 MTECI가 0.9043, MPECI 0.9592, MSEC I 0.9428로 모두 준효율적, MTCI가 1.0288로 효율적으로 추정되었는데 이중 MSEC I의 영향으로 MTECI가 최솟값을 보임에 따라 분석대상 DMU 가운데 가장 낮은 연평균 생산성을 보여주었다. 이 밖에도 대구광역시는 MTCI가 1.0592로 최댓값으로 추정되었으나 MTECI, MPECI, MSEC I 모두 준효율적이며 이중 MPECI가 0.9361의 최솟값을 보여 생산성은 2% 하락하였고, 부산광역시는 MTCI가 1.0341로 효율적이었으나 MTECI, MPECI, MSEC I가 준효율적이고, 이중 MSEC I가 MTECI 하락에 영향을 주어, 총요소생산성은 준효율적으로

로 생산성은 4% 하락하였다. 울산광역시는 MTECI, MPECI, MTCI는 준효율적이고 MSECI는 효율적이었으나 MTCI가 0.9973으로 최솟값을 보이고 MPECI가 MTECI의 하락에 영향을 끼쳐 총요소생산성은 6% 하락한 것으로 나타났다. 기타 도시 중 충청남도는 MTCI, MPECI는 효율적이었지만 MTECI, MSECI는 준효율적이고 이 중 MSECI가 0.9243의 최솟값을 보여 생산성은 1% 하락하였다. 전국은 MTECI, MSECI가 준효율적이고 MTCI, MPECI 효율적이었다. 이 중 MTCI 4.7% 향상이 MSECI의 4.4% 하락을 상쇄하여 총요소생산성의 효율성이 기술수준의 진보로 초래되었음을 알 수 있다.

<표 5-3> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI

DMU별 평균 생산성 지수					
DMU	MTECI	MTCI	MPECI	MSECI	MPI
전국	0.9551	1.0474	1.0000	0.9551	1.0003
서울시	1.1019**	1.0341	1.0912**	1.0098**	1.1395**
부산시	0.9140	1.0517	0.9741	0.9383	0.9612
대구시	0.9296	1.0592**	0.9361*	0.9930	0.9846
인천시	0.9946	1.0054	1.0281	0.9674	0.9999
광주시	0.9763	1.0077	0.9763	1.0000	0.9838
대전시	1.0000	1.0301	1.0000	1.0000	1.0301
울산시	0.9437	0.9973*	0.9437	1.0000	0.9411
경기도	0.9639	1.0477	1.0044	0.9597	1.0099
강원도	0.9043*	1.0288	0.9592	0.9428	0.9303*
충청북도	0.9344	1.0283	1.0000	0.9344	0.9609
충청남도	0.9488	1.0516	1.0266	0.9243*	0.9977
전라북도	0.9864	1.0148	1.0593	0.9311	1.0010
전라남도	0.9876	1.0576	1.0307	0.9581	1.0445
경상북도	1.0046	1.0576	1.0479	0.9587	1.0626
경상남도	0.9236	1.0576	0.9967	0.9267	0.9768
제주도	0.9445	1.0323	0.9445	1.0000	0.9749
기하평균	0.9645	1.0356	1.0002	0.9642	0.9988
표준편차	0.0467	0.0202	0.0432	0.0299	0.0496
최댓값	1.1019	1.0592	1.0912	1.0098	1.1395
최솟값	0.9043	0.9973	0.9361	0.9243	0.9303

**는 최댓값, *는 최솟값.



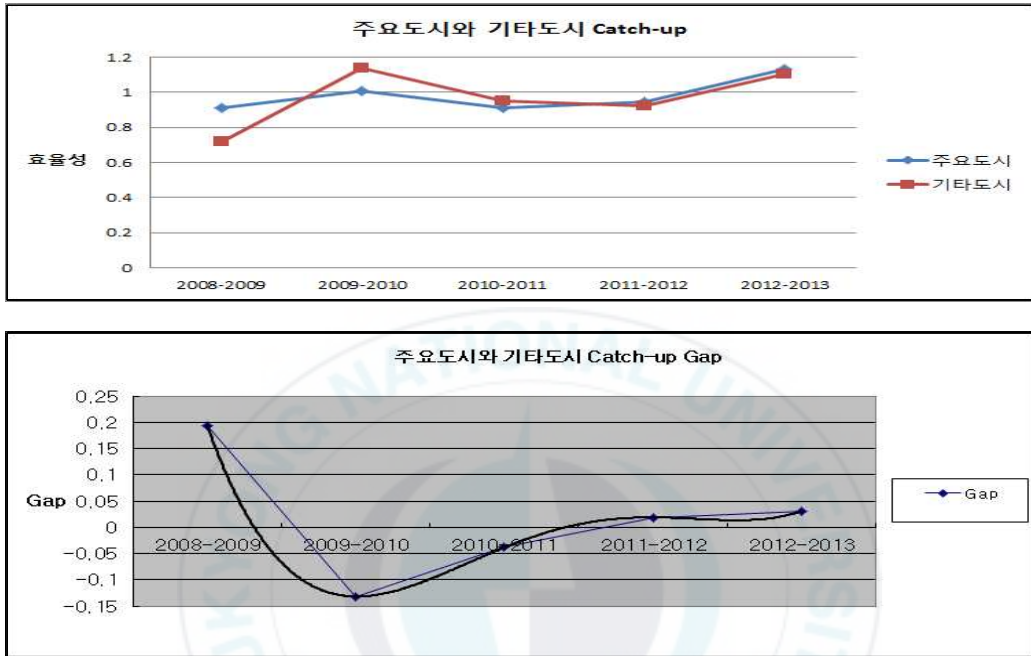
[그림 5-4] MPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수

4. 주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석

본 연구에서 2008년 세계 금융공황으로 인한 경제침체의 초기 또는 경제개발의 초기로 본다면, 2008년에 후발개도국 내지 후발지역이 곧바로 기술발전(기술혁신, 신기술개발)을 시도하기는 어렵기 때문에 기술효율(선진국의 기술을 도입하거나, 지역간 기술의 따라잡기)에 노력을 경주하게 되고 후발지역을 중심으로 기술효율에 큰 성장이 있게 된다. 일정 경제성장수준에 이르면, 후발지역(기타 도시)이 앞선 지역(주요 도시)의 식품제조업 지역간 기술효율과 비슷한 수준으로 수렴하는 것이 일반적이다⁴⁶⁾. [그림 5-5]는 식품제조업에서도 이러한 지역간 기술효율 갭(Gap)이 줄어들어 수렴현상을 보이

46) 수렴현상 분석은 CRS, VRS하의 평균 기술효율의 Gap을 이용하여 구한다. 그리고 전국을 제외하여 주요 도시를 7개 특광역시로 하고, 기타 도시를 9개 도시로 그룹화 하여 구분하였음.

다가 2010~2011년부터 다시 갭(Gap)이 생기는 반수렴현상을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.



[그림 5-5] MPI를 이용한 주요 도시와 기타 도시 기술 Catch-up Gap

제2절 MLPI를 이용한 생산성 지수 추정

1. 주요 도시 및 기타 도시 누적지수 변화 추이

주요 도시를 중심으로 MLTECI의 변화를 살펴보면, 전국은 하락세를 보여주고 있는데, 2008~2013년 기간 동안 규모효율성에 의해 주로 영향을 받으며 변동하고 있다. 이 기간 MLPECI는 변화 없이 안정적이었다. 세부적으로 살펴보면, 2008~2009년 84 수준으로 떨어진 이후 2013년까지 80 수준에서 정체되어 기준선으로 회복되지 못하고 있다. 2010~2013년 규모효율성 하락 속에서 기술진보적 요소에 의해 지지 받으며 MLPI가 80 수준으로 낮은 회복양상을 보이고 있다. 서울은 2008~2013년 기간 동안 안정적인 규모효율성에 의해 영향을 받으며 기준선으로 조금씩 접근하고 있다. 2008~2009년에는 74.4로 떨어져 가장 낮은 수치를 보였다. 이후 2010~2011년 기준에 도달하여 회복양상을 보이다가 규모효율성과 순수효율성의 동반 하락으로 2012년 MLTECI가 88.7년 수준으로 퇴보하였으나 기술진보적 요소로 지지되며 2013년에는 기준선을 회복하였다.

부산도 2008~2013년 순수효율성의 영향을 받으며 회복세를 보이고 있지만 여전히 기준선보다 낮은 수준이다. 2008~2009년에는 66.5로 가장 낮은 하락 양상을 보였지만, 규모효율과 기술진보가 등락을 반복, 기준선으로 접근 상승하며 MLPI의 향상을 견인하고 있지만 여전히 낮은 수준에 있다.

대구는 2008~2013년 동안 이와는 상반되는 양상을 보여주고 있다. MLTECI가 같은 기간 동안 생산성에 지대하게 영향을 끼치고 있다. 세부적으로 살펴보면 안정적인 규모효율성과 MLTECI 중 순수기술효율성의 영향으로 2012년에는 기준선을 넘어 171.3 수준으로 증가하며 2010년 최저점과 비교하여 33.7% 향상되었다.

인천은 2008~2012년까지 MLTECI가 MLPI의 변화 양상에 영향을 주었다. 2008~2010년에는 기준선을 유지하며 안정적이었으나, 2010~2011년 순수기술효율성과 규모효율이 하락하며 생산성이 78.5 수준으로 퇴보하는 양상을 보여주었다. 2011~2013년까지 계속되는 규모효율성의 하락에도 불구하고 순수기술효율성과 기술진보적 요인의 동반상승에 힘입어 MLPI 기준선을 회복하게 되었다.

광주는 2008~2013년 동안 MLTECI가 기준선을 유지하며 안정적이었으나, 2009년에는 기술진보적 요인에 의해 MLPI가 99.8 수준으로 떨어지는 양상을 보여주었다. 이 밖에 대전은 2008~2013년 동안 MLTECI를 포함한 모든 지표들이 안정적인 양상을 보여주었고, 울산은 MLTECI 모두 기준선을 유지하며 기술진보적 요인의 변화가 MLPI의 변동에 영향을 끼치고 있다.

기타 도시 중 경기도와 경상남도를 중심으로 MLTECI의 변동을 살펴보면, 먼저 경기도는 2008~2013년 순수효율성이 기준선을 유지하며 안정적인 양상을 보인 가운데, 규모효율성 요인에 의해 주로 영향을 받으며 회복양상을 보여주고 있다. 2011년에는 규모효율성이 가장 낮은 89.3 수준에서 시작하여 2012~2013년에는 기준선을 회복하였다. 뿐만 아니라, 같은 기간 기술진보적 요인도 상승하여 생산성 향상을 이끌었다. 경상남도는 2008~2013년 동안 높은 규모효율성과 안정적인 순수효율성이 전체 생산성을 향상시켰다. 즉 2008~2009년 MLTECI가 기준선을 상회하며 2013년까지 155.5의 높은 수준을 보였고, 2009~2013년 이후 MLPI 130 수준을 유지하며 성장하였다.

주요 도시의 MLTECI의 누적치 변화를 간략하게 살펴보면, 전국은 2008~2010년까지 84.2 수준까지 하락한 뒤 회복하기 시작하여 2013년에는 기준선에 도달하고 있다. 이 기간 동안의 MLPI도 낮은 수준이지만 조금씩 회복되고 있음을 알 수 있다. 서울은 2008년 MLTECI기준선을 상회하기 시작하며 2009~2012년 110 수준을 유지하다 2013년에는 최고 129.5 수준을 보여주었다. 그리고 2010~2011년, 2012~2013년에는 MLPI에 영향을 주어 최고

120.5 수준의 생산성 증가를 보여주었다.

부산은 MLTCI가 규모효율성과 기간별로 등락을 교차하며 평균적으로 기준선에서 안정적인 추세를 보여주었다. 세부적으로 2008~2009년, 2010~2011년, 2012~2013년 기준선을 상회하였고, 이와 같은 점진적인 증가로 MLPI의 회복에 영향을 끼쳤다.

대구는 MLTCI가 2009년 72.3의 최소 수준을 보인 뒤 2009~2011년, 2012~2013년 80 수준으로 소폭 상승하며 기준선 아래에서 MLPI의 하락을 저지하고 있다.

인천은 MLTCI가 2012년까지 기준선을 유지하며 안정적 추세를 보이다가 2012년 기준선을 상회하기 시작하여 2013년 119.9의 최고 수준을 보여주었다. 이를 통해 MLPI가 기준선을 회복 하였다.

광주는 2010년 가장 낮은 88.8 수준을 보여주어 MLPI 하락에 지대한 영향을 끼쳤다. 그러나 나머지 기간 동안은 기준선을 유지하며 안정적인 양상을 보여주었다.

이 밖에도 대전은 유일하게 2008~2013년 동안 모든 지표에서 기준선을 유지하며 안정적인 양상을 보여주었다. 울산은 기술효율성 관련 지표들은 기준선을 유지하며 안정적인 가운데, MLTCI의 변동이 MLPI의 변화를 이끌었다. 즉 2008~2009년, 2010~2012년 기간 동안 최고 113.1 수준으로 상승세를 보여주며 MLPI 향상을 보여주었다.

기타 도시 중 경기도와 경상남도를 중심으로 MLTCI의 변화를 간략하게 살펴보면, 경기도는 2008~2009년 89 수준까지 하락하며 MLPI에 영향을 주었고, 이후 2010~2013년까지 등락을 반복하였지만 상승세를 유지하며 MLPI의 기준선 회복을 이끌었다. 경상남도는 2010년 87.5 수준까지 하락한 뒤, 2009~2013년 기준선으로 회복하는 양상을 보이고 있지만 여전히 낮은 수준에 있다. 그러나 이 기간 모든 기술효율성이 안정적인 변화 속에서 고효

율을 보여주고 있어 높은 MLPI를 보여주고 있다.

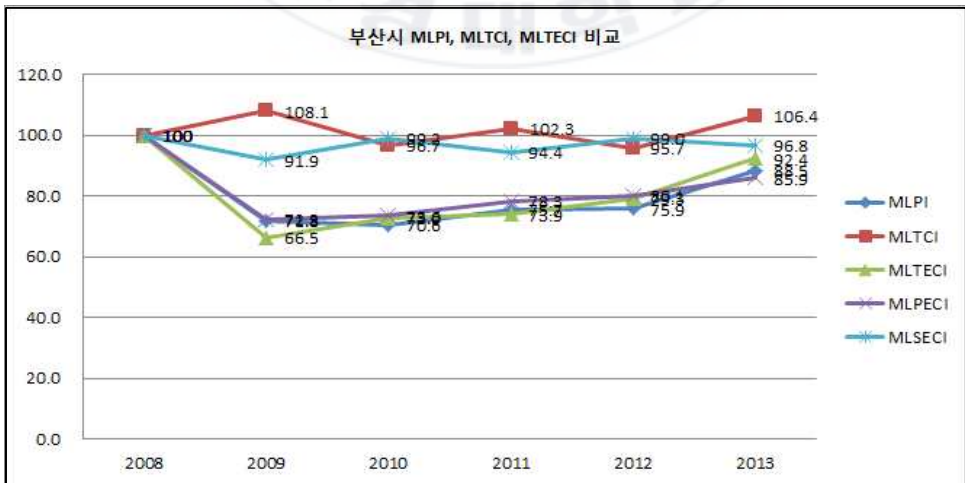
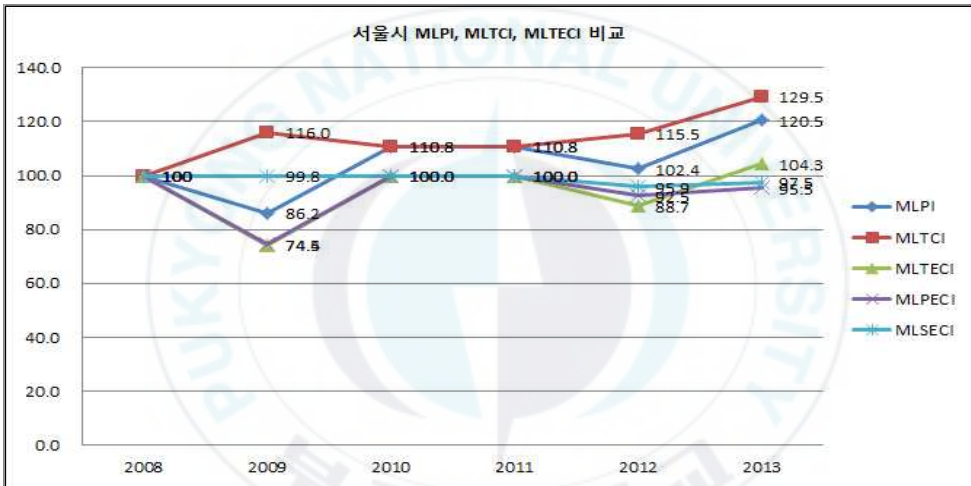
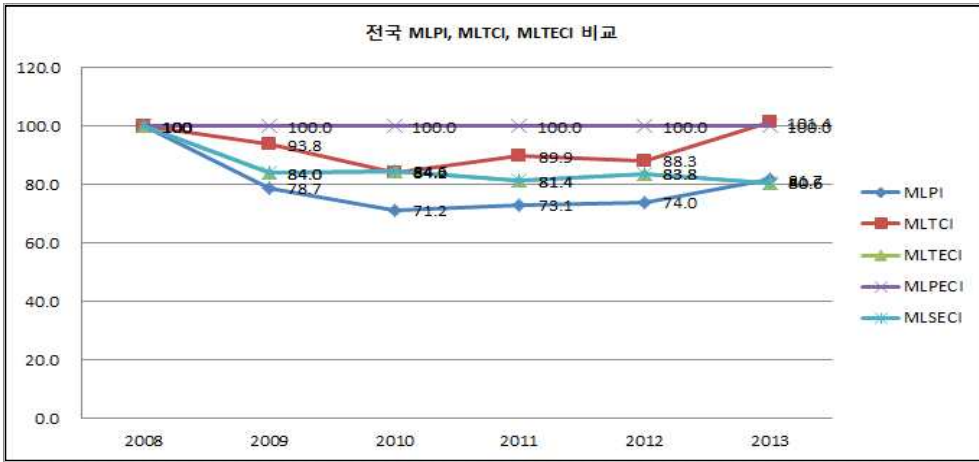
MLPI는 MPI와 다른 양상을 보여 주었다. 전국의 경우만을 살펴보면, MLPI가 2008~2010년까지 기준을 상회하는 꾸준한 상승세로 70 수준으로 하락하다가 2010년부터 다시 상승하는 양상을 보여주고 있다. 그러나 MPI는 그 반대 양상을 보여주고 있다. 이는 기간이 지남에 따라 우리나라 도시들이 오염물질을 고려한 생산성이 오염물질을 고려하지 않은 생산성보다 커지는 방향으로 변화해 왔다는 것을 보여주는 것이라고 할 수 있다. 좀 더 엄밀하게 말하자면, 주요 도시들이 평균적으로 오염물질 배출량을 감소시키면서 유익한 산출물을 증가시키는 방향으로 기술발전을 거듭해 왔다고 볼 수 있다는 것이다.

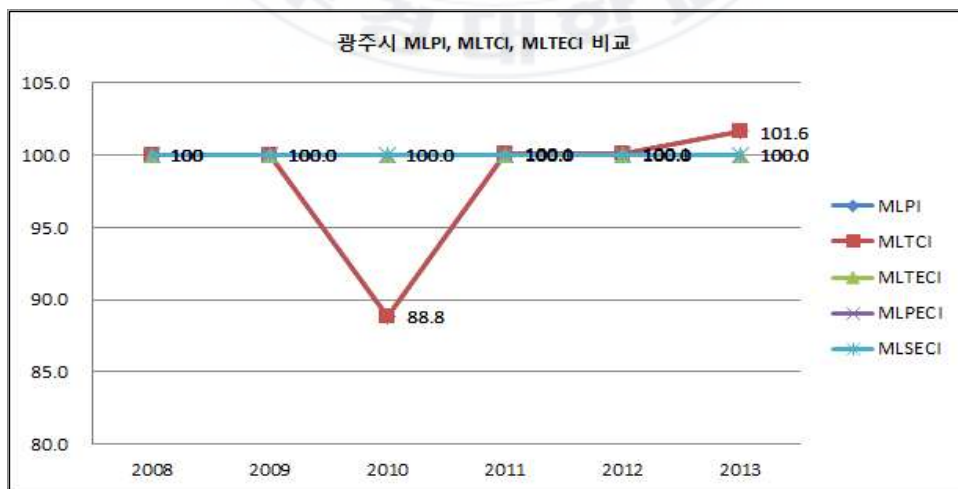
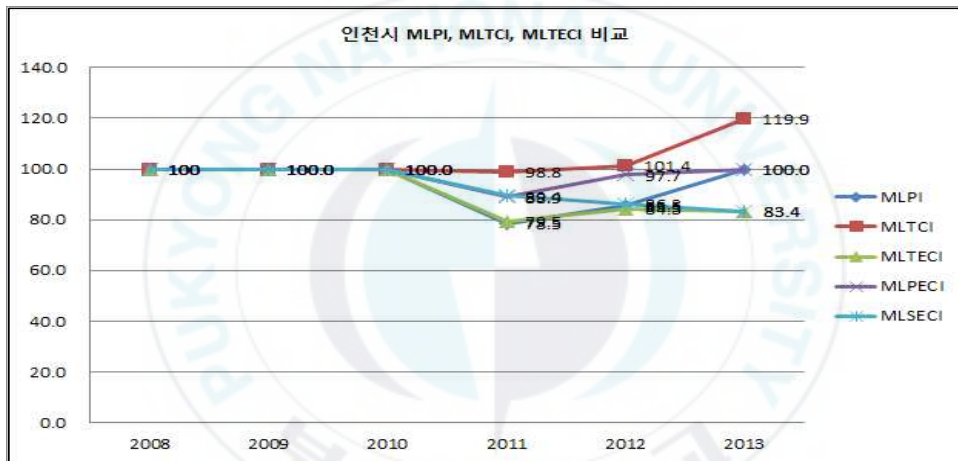
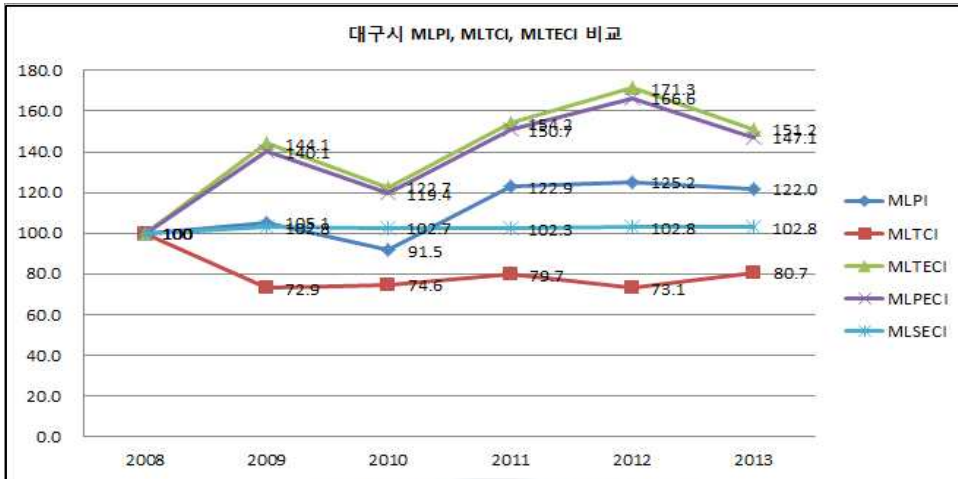
<표 5-4>와 [그림 5-6], [그림 5-7]은 DMU별 시계열 변화에 따른 생산성 지수 추정결과에 대한 이해를 돕기 위하여 2008년(T=1)을 100으로 하여 개별지수의 누적지수를 구하여 개별지수에 대한 세부 결과 및 변화 추이를 보여주고 있다.

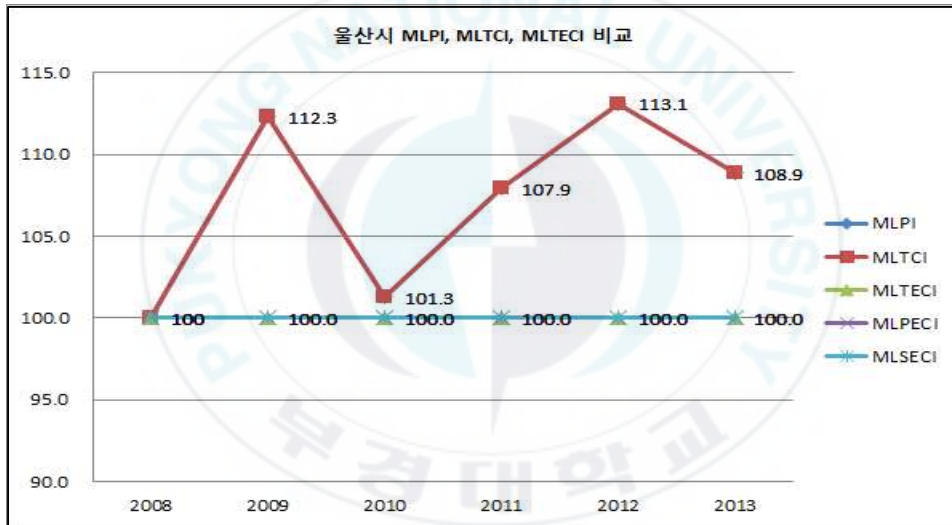
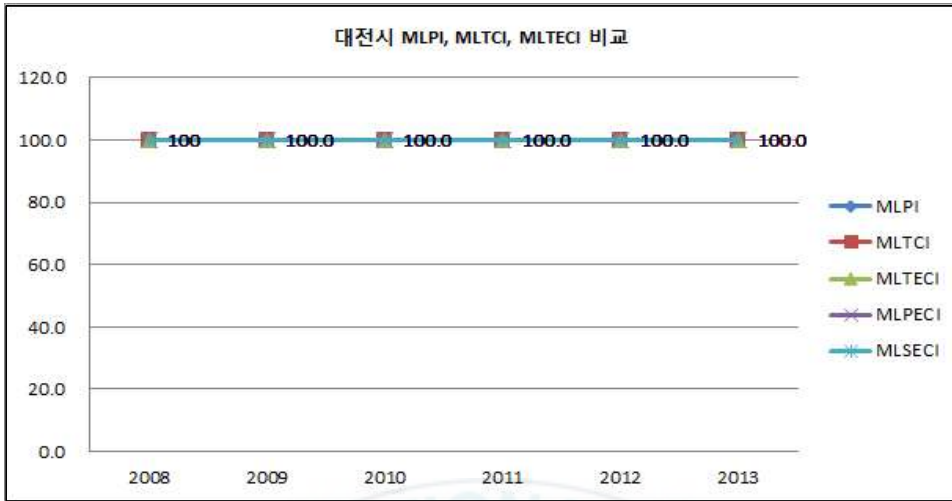
<표 5-4> MLPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 개별지수의 누적지수 비교

지수	구분	DMU	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	MLPI	전국		100.0	78.7	71.2	73.1	74.0
서울특별시			100.0	86.2	110.8	110.8	102.4	120.5
부산광역시			100.0	71.8	70.6	75.7	75.9	88.5
대구광역시			100.0	105.1	91.5	122.9	125.2	122.0
인천광역시			100.0	100.0	100.0	78.5	85.5	100.0
광주광역시			100.0	100.0	88.8	100.1	100.1	101.6
대전광역시			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
울산광역시			100.0	112.3	101.3	107.9	113.1	108.9
경기도			100.0	90.0	83.1	85.3	91.9	97.8
강원도			100.0	153.2	165.3	156.9	138.3	182.0
충청북도			100.0	98.8	84.5	95.7	95.7	96.4
충청남도			100.0	98.7	94.9	88.8	101.8	95.5
전라북도			100.0	146.5	145.2	154.8	151.0	167.8
전라남도			100.0	99.7	90.9	104.6	89.3	92.5
경상북도			100.0	88.0	76.0	69.9	66.8	67.4
경상남도			100.0	140.8	136.0	139.2	138.2	144.2
제주도			100.0	133.1	133.1	133.1	125.3	127.3
MLTECI	전국		100.0	84.0	84.6	81.4	83.8	80.6
	서울특별시		100.0	74.4	100.0	100.0	88.7	104.3
	부산광역시		100.0	66.5	73.0	73.9	79.3	92.4
	대구광역시		100.0	144.1	122.7	154.2	171.3	151.2
	인천광역시		100.0	100.0	100.0	79.5	84.3	83.4
	광주광역시		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	대전광역시		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	울산광역시		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	경기도		100.0	92.6	93.4	89.3	100.0	100.0
	강원도		100.0	196.6	196.6	196.6	196.6	196.6
	충청북도		100.0	126.3	115.5	126.3	126.3	126.3
	충청남도		100.0	97.4	98.6	86.4	106.7	106.7
	전라북도		100.0	138.4	140.6	139.6	142.4	136.7
	전라남도		100.0	121.0	121.4	131.7	118.2	111.8
	경상북도		100.0	100.0	87.1	74.5	80.2	73.8
	경상남도		100.0	155.5	155.5	151.3	155.5	153.5
	제주도		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MLTCI	전국		100.0	93.8	84.2	89.9	88.3	101.4
	서울특별시		100.0	116.0	110.8	110.8	115.5	129.5
	부산광역시		100.0	108.1	96.7	102.3	95.7	106.4
	대구광역시		100.0	72.9	74.6	79.7	73.1	80.7
	인천광역시		100.0	100.0	100.0	98.8	101.4	119.9
	광주광역시		100.0	100.0	88.8	100.1	100.1	101.6
	대전광역시		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	울산광역시		100.0	112.3	101.3	107.9	113.1	108.9
	경기도		100.0	97.3	89.0	95.5	91.9	97.8
	강원도		100.0	77.9	84.1	79.8	70.4	92.5
	충청북도		100.0	78.2	73.2	75.8	75.8	76.3
	충청남도		100.0	101.3	96.2	102.8	95.5	89.5
	전라북도		100.0	105.8	103.3	110.9	106.1	122.8
	전라남도		100.0	82.4	74.9	79.4	75.6	82.7
	경상북도		100.0	88.0	87.3	93.9	83.3	91.3
	경상남도		100.0	90.6	87.5	92.1	88.9	93.9
	제주도		100.0	133.1	133.1	133.1	125.3	127.3

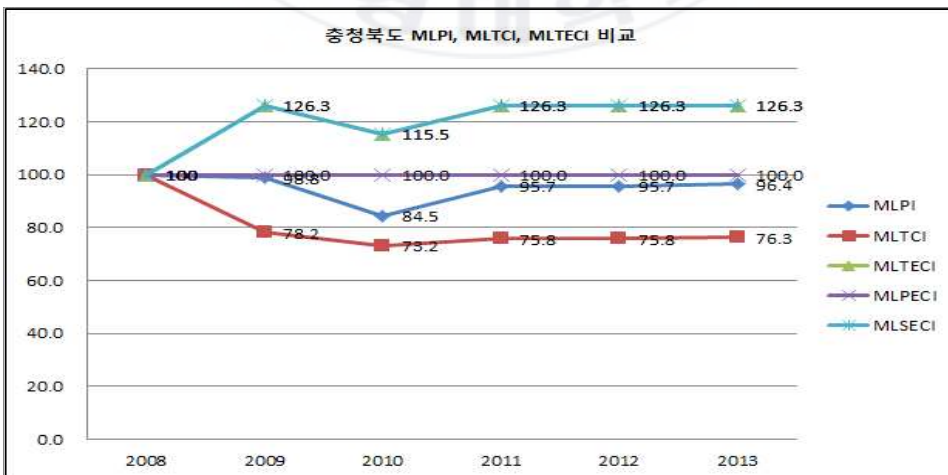
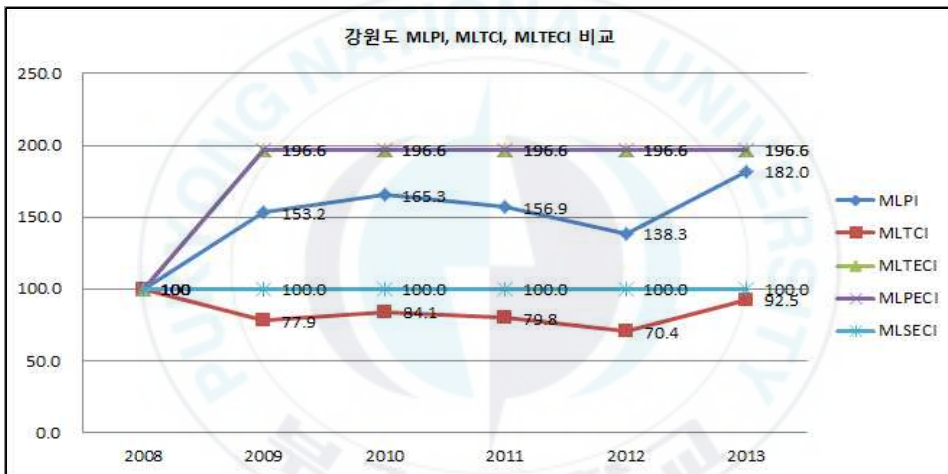
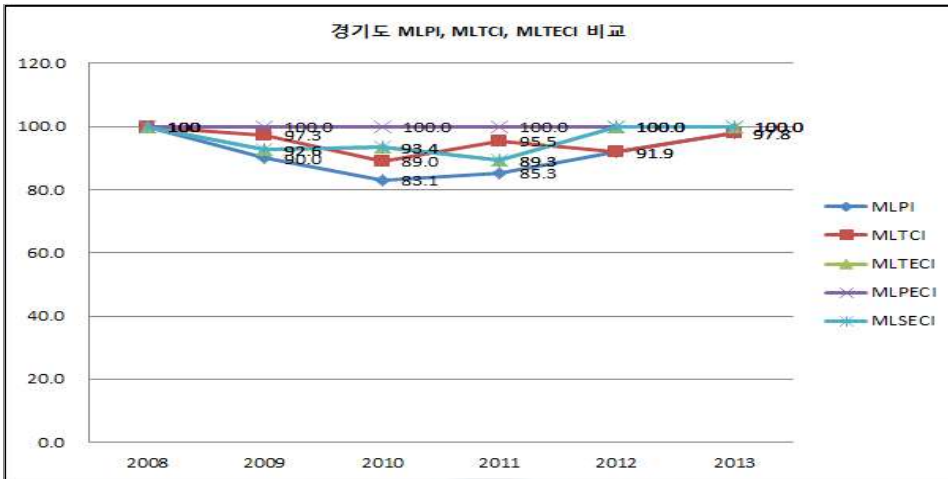
* 참고 2008을 기준년도 100으로 함

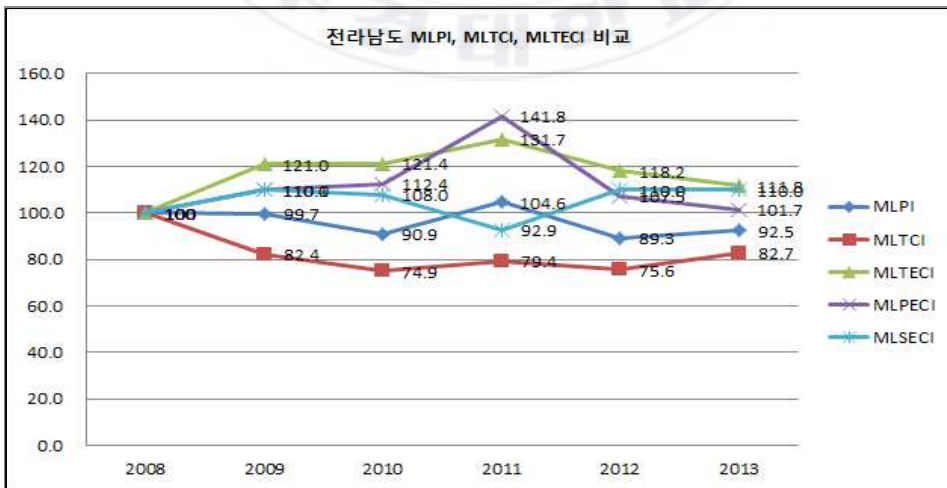
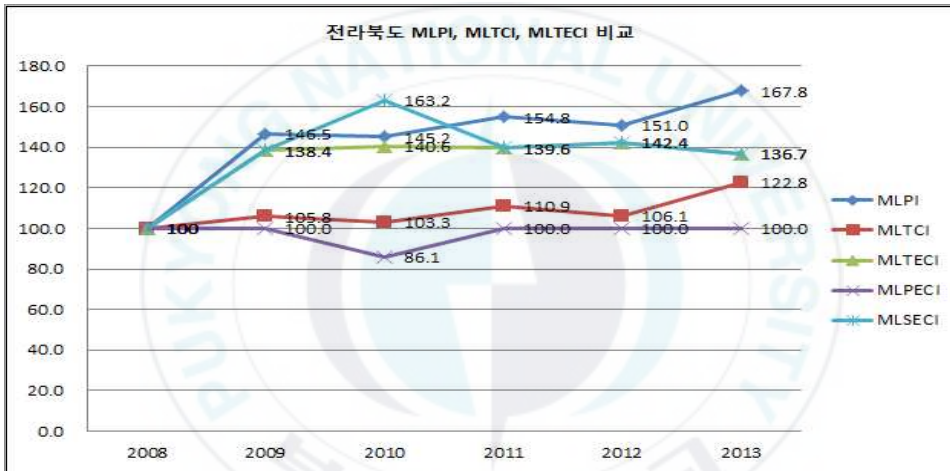
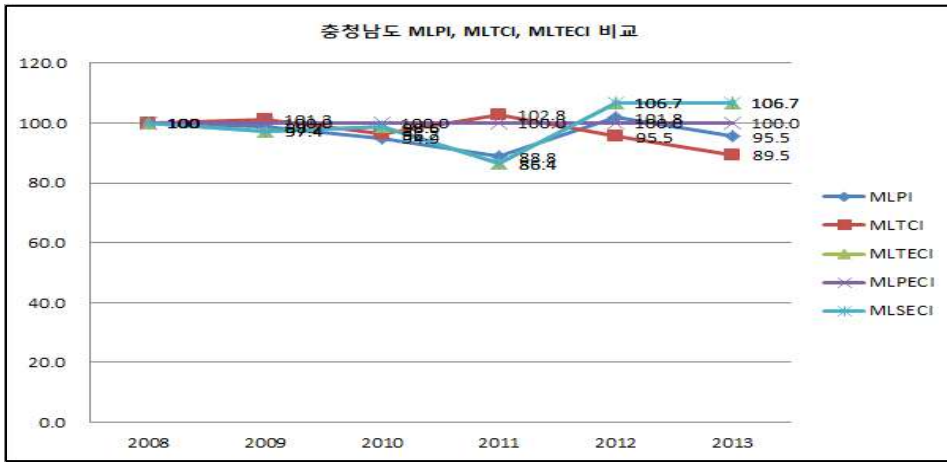


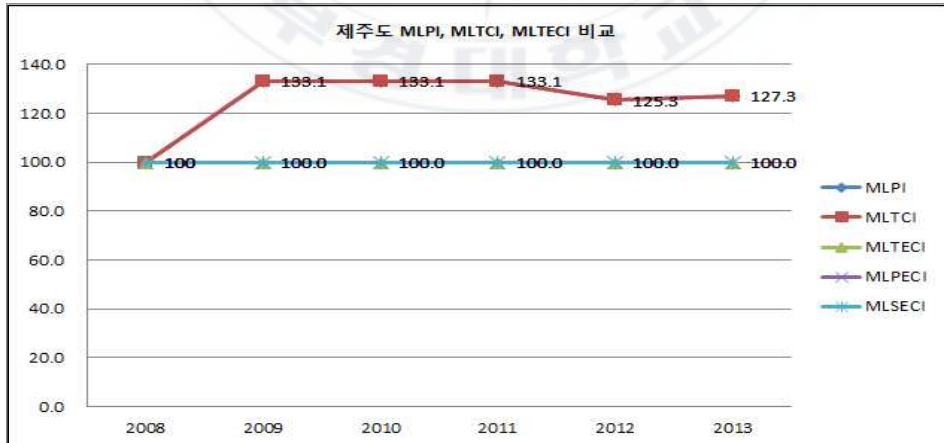
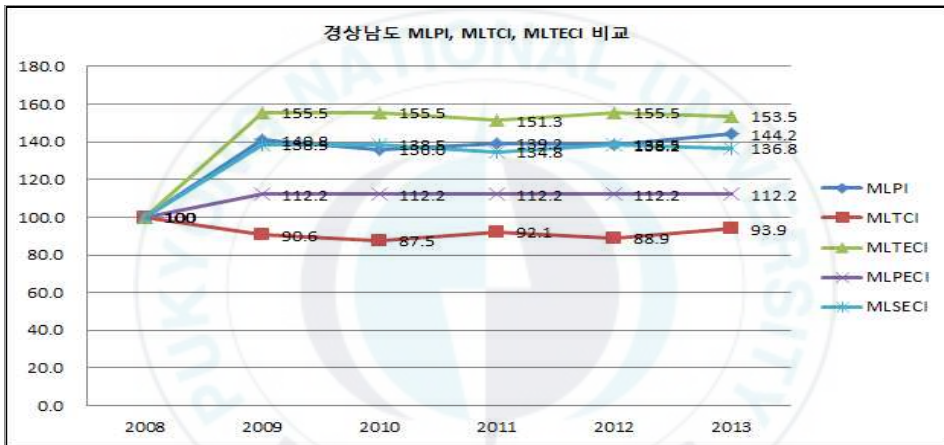
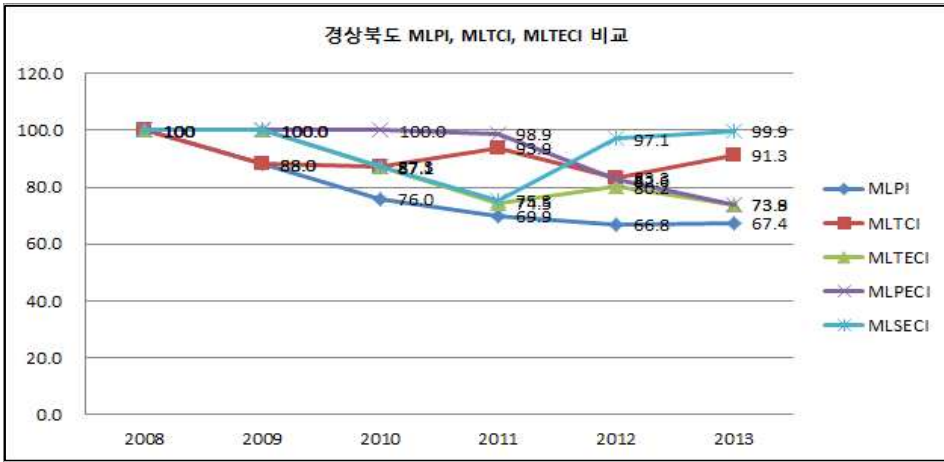




[그림 5-6] MLPI를 이용한 주요 도시 누적지수 세부 비교







[그림 5-7] MLPI를 이용한 기타 도시 누적지수 세부 비교

2. 시계열별 평균 생산성 지수 추정

<표 5-5>는 2008~2013년의 분석기간 동안의 MLPI지수는 오염물질 (PM10, NOx)을 고려한 총요소생산성의 변화의 추정치를 보여준다. 이 기간 동안 MLPI지수는 그 기하평균이 1.0249로 추정되어 효율적으로 분석되었다. 기술 효율적 변화지수인 MLTECI는 1.0152로 추정되어 식품제조업 운영에 있어 투입과 산출의 기술적인 결합을 통해서 효율적 이었으나 효율성이 1.5% 정도로 향상되어 변화가 있었던 것으로 볼 수 있다. 한편, 기술 변화 지수인 MLTCI는 1.0003로 나타나 효율적이었으나 0.03% 정도로 미미한 수준으로 향상되어 오염물질을 고려한 총요소생산성의 연평균 2.4% 상승의 원인이 근소하나마 기술적인 효율성에 의해서 발생했음을 알 수 있다. 또한, MLTECI가 효율적이긴 하나 상대적으로 적은 변화 양상을 보인 것은 이것의 구성성분인 MLSECI가 1.0070로 추정되었기 때문이다.

분석기간을 세분하여 살펴보면 2008~2009년, 2009~2010년, 2011~2012년과 2010~2011년, 2012~2013년 대비 생산성에는 서로 다른 양상을 보이고 있다는 사실을 알 수 있다. 앞의 두 기간은 MLTECI의 수준이 최소 0.2%에서 최대 7.6% 상승하여 효율적이었음에도 MLTCI의 수준이 최소 3.4%에서 최대 4.3% 하락하여 MLPI의 성장을 저지하였다. 반면, 뒤의 두 기간은 MLTCI의 수준이 최소 4.4%에서 최대 7.8% 상승하여 기술 진보적 수준이 효율적이었음에도 MLTECI의 수준이 최소 1.3%, 최대 1.4% 하락하여 MLPI가 최소 2.4%에서 최대 4.5% 상승하여 MLPI가 성장을 저지하였으나 효율적이었다.

이것은 역시 이 기간 동안 식품제조업의 생산성에ダイナミック한 변화가 있었음을 보여주는 것이다. 이러한 두 기간 동안의 총요소생산성의 변화의 원인들을 다시 세분하여 살펴보면, 2008~2009년은 MLTCI가 0.9639로 준효율

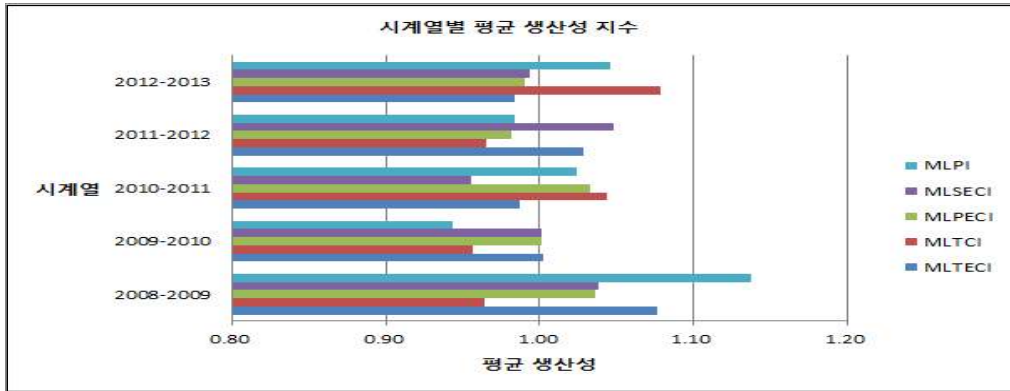
적이었으나 MLTECI가 1.0762로 최댓값을 보여 7.6%로 향상되고, MLPECI가 1.0363로 최댓값을 보여 생산성은 13.7% 향상되었다. 이 기간 MLTECI가 최댓값을 보인 것은 MLSECI가 1.385로 미세하게 높았기 때문이다. 2009~2010년은 MLTECI의 모든 지표들이 효율적이었으나, MLTCI가 0.9565로 4.3% 하락하여 생산성은 0.9433의 최솟값으로 5.6% 퇴보되었다.

2010~2011년은 MLSECI가 최솟값 0.9555로 4.4% 하락하여 MLTECI가 준효율적으로 나타났으나 MLTCI가 1.0441 효율적으로 나타나, 생산성은 2.4% 향상되었다. 그 밖에 2011~2012년은 MLPECI가 최소값을 보여 1.8% 하락하고 MLSECI가 최댓값을 보여 4.8% 증가하여 MLTECI는 효율적이었으나, MLTCI가 준효율적으로 3.4% 감소하여 생산성은 1.6% 퇴보하였다. 2012~2013년은 MLTECI가 준효율적으로 최소값을 보여 1.5% 하락했으나 MLTCI가 최댓값 1.0781 효율적으로 7.8% 증가하여 생산성은 4.5% 향상되었다. 즉, 식품제조업의ダイナミック한 변화의 원인이 운영에 있어 기술퇴보와 진보를 거듭하였던 기술수준의 변화에 기인한 것이었음을 두 기간에 해당하는 세분화 분석결과에서도 역시 알 수 있다.

<표 5-5> 시계열별 평균 MLPI

시계열별 평균 생산성 지수					
시계열	MLTECI	MLTCI	MLPECI	MLSECI	MLPI
2008~2009	1.0762**	0.9639	1.0363**	1.0385	1.1378**
2009~2010	1.0029	0.9565*	1.0014	1.0015	0.9433*
2010~2011	0.9869	1.0441	1.0328	0.9555*	1.0242
2011~2012	1.0287	0.9651	0.9814*	1.0482**	0.9837
2012~2013	0.9843*	1.0781**	0.9903	0.9939	1.0459
기하평균	1.0152	1.0003	1.0082	1.0070	1.0249
표준편차	0.0381	0.0558	0.0249	0.0372	0.0733
최댓값	1.0762	1.0781	1.0363	1.0482	1.1378
최솟값	0.9843	0.9565	0.9814	0.9555	0.9433

**는 최댓값, *는 최솟값.



[그림 5-8] MLPI를 이용한 시계열 평균 생산성 지수

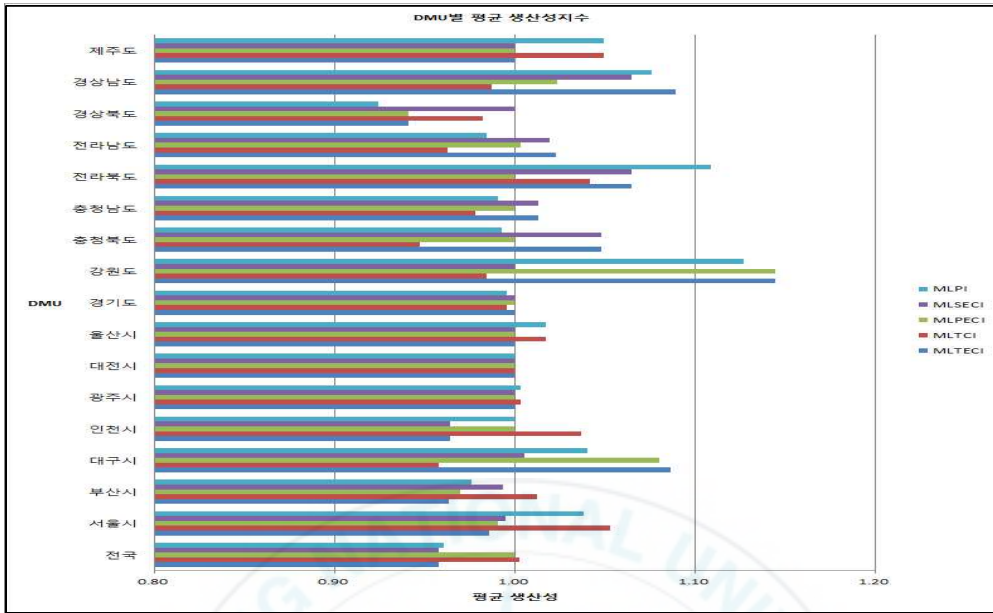
3. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 추정

<표 5-6>은 앞서 추정된 분석 기간에서의 생산성추정의 기하평균을 DMU 별로 요약한 것이다. 2008~2013년 사이에 가장 높은 생산성의 향상을 보여준 DMU는 강원도로 연평균 12.7%의 생산성의 향상을 가져온 것으로 나타났다, 반면에 가장 낮은 생산성의 하락을 보여준 DMU는 경상북도로 7.5%의 생산성의 하락을 가져온 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 전국은 MLPECI가 1로 변화가 없었고 MLSECI가 최솟값 0.9578로 나타나 MLTECI가 0.9578로 4.2% 하락을 보여 주어 생산성은 3.9% 퇴보되었다. 서울시는 MLTECI의 모든 지표들이 준효율적이었고 MLTCI가 1.0530 최댓값을 보여 생산성은 3.7% 향상되었다. 충청북도는 MLPECI는 1로 변화가 없었고 MLSECI가 1.0478로 MLTECI를 효율적이게 했으나 MLTCI가 최솟값 0.9474로 5.2% 하락하여 생산성은 0.7% 퇴보되었다. 경상남도는 MLTCI가 0.9875로 1.2% 하락하여 준효율적이었지만 MLSECI의 최댓값 1.0647 영향으로 MLTECI가 8.9% 상승하여 생산성은 7.6% 향상되었다.

<표 5-6> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MLPI

DMU별 평균 생산성 지수					
DMU	MLTECI	MLTCI	MLPECI	MLSECI	MLPI
전국	0.9578	1.0028	1.0000	0.9578*	0.9605
서울시	0.9857	1.0530**	0.9908	0.9949	1.0379
부산시	0.9637	1.0125	0.9700	0.9935	0.9758
대구시	1.0863	0.9580	1.0802	1.0056	1.0406
인천시	0.9644	1.0370	1.0000	0.9644	1.0000
광주시	1.0000	1.0032	1.0000	1.0000	1.0032
대전시	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
울산시	1.0000	1.0171	1.0000	1.0000	1.0171
경기도	1.0000	0.9956	1.0000	1.0000	0.9956
강원도	1.1448**	0.9846	1.1448**	1.0000	1.1272**
충청북도	1.0478	0.9474*	1.0000	1.0478	0.9927
충청남도	1.0130	0.9781	1.0000	1.0130	0.9908
전라북도	1.0645	1.0419	1.0000	1.0645	1.1091
전라남도	1.0225	0.9628	1.0033	1.0192	0.9845
경상북도	0.9411*	0.9820	0.9414*	0.9997	0.9242*
경상남도	1.0895	0.9875	1.0234	1.0647**	1.0760
제주도	1.0000	1.0494	1.0000	1.0000	1.0494
기하평균	1.0152	1.0003	1.0082	1.0070	1.0155
표준편차	0.0542	0.0316	0.0440	0.0289	0.0520
최댓값	1.1448	1.0530	1.1448	1.0647	1.1272
최솟값	0.9411	0.9474	0.9414	0.9578	0.9242

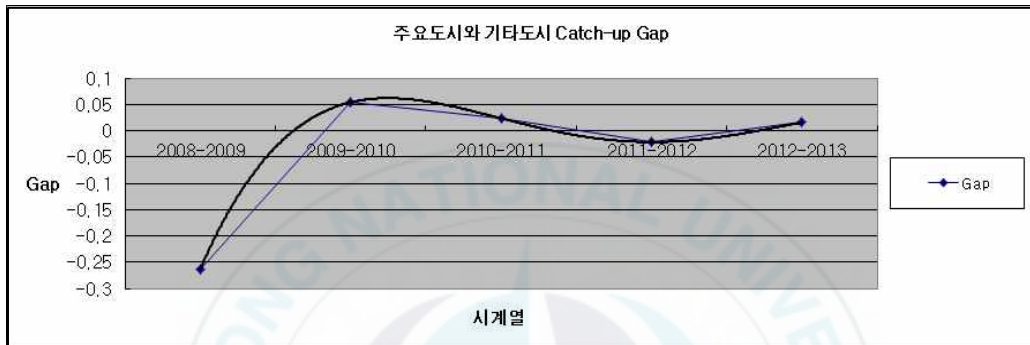
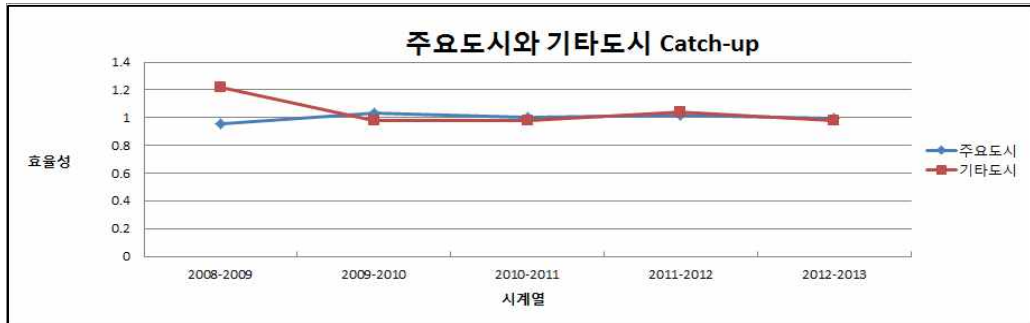
**는 최댓값, *는 최솟값.



[그림 5-9] MLPI를 이용한 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수

4. 주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석

앞서 언급한 바와 같이, 일정 경제성장수준에 이르면, 후발지역(기타 도시)이 앞선 지역(주요 도시)의 식품제조업의 기술효율과 비슷한 수준으로 수렴하는 것이 일반적이다. [그림 5-10]은 바로 이러한 지역간 수렴현상을 보여주고 있다. 그리고 오염배출이 고려되었을 때 지역간 기술효율 갭(Gap)이 2009~2010년부터 줄어들며 수렴현상을 보이고 있다. 이는 오염물질 배출량을 고려할 때 집적 불경제가 어느 정도 작용하여 기타 도시에 비해 오염저감 활동을 통한 비용 증대로 효율성을 향상시키는 데 다소간의 부담으로 작용되어 초기 규제 순응 적응에 어려움을 겪을 수 있다는 것을 시사한다.



[그림 5-10] MLPI를 이용한 주요 도시와 기타 도시 기술 Catch-up Gap

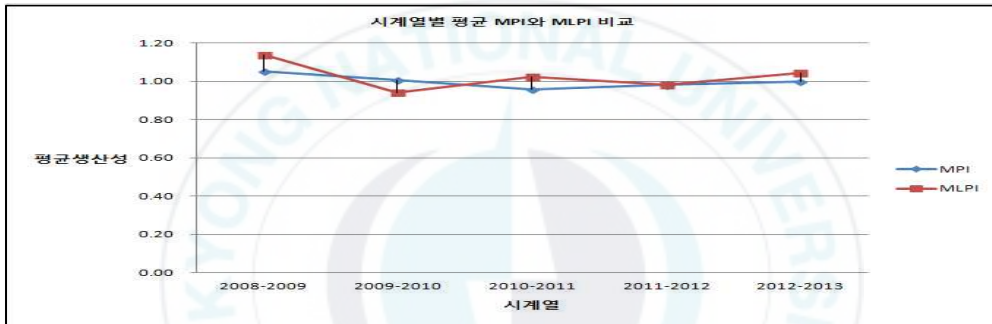
5. MPI와 MLPI를 이용한 생산성 지수 종합 비교

<표 5-7>과 [그림 5-11]에서 보는 바와 같이 시계열별로 두 값의 차이를 비교해 보면, 2008~2010년 동안 오염물질을 고려한 생산성 지수가 오염물질을 고려하지 않은 생산성 지수보다 2.6% 포인트 높게 나왔다. 물론, 이와는 상반되는 도시들도 있지만 우리나라 도시들은 평균적으로 산출 증대에 대응하여 오염물질도 줄여왔다고 할 수 있다. 세부적으로 살펴보면, 산출물 증가비율이 오염물질의 감소비율보다 큰($MPI > MLPI$) 기간은 2009~2010년으로 나타났고, 산출물 증가비율이 오염물질의 감소비율보다 작은($MPI < MLPI$) 기간은 2008~2009년, 2010~2011년, 2011~2012년, 2012~2013년으로 나타났다.

<표 5-7> 시계열별 평균 MPI, MLPI 비교

시계열별 평균 MPI			대소	시계열별 평균 MLPI				
시계열	MTECI	MTCI		MPI	시계열	MLTECI	MLTCI	MLPI
2008-2009	0.7390*	1.3239**	1.0517**	<	2008-2009	1.0762**	0.9639	1.1378**
2009-2010	1.1077	0.9264	1.0072	>	2009-2010	1.0029	0.9565*	0.9433*
2010-2011	0.9257	1.0290	0.9581*	<	2010-2011	0.9869	1.0441	1.0242
2011-2012	0.9321	1.0517	0.9810	<	2011-2012	1.0287	0.9651	0.9837
2012-2013	1.1171**	0.8976*	0.9986	<	2012-2013	0.9843*	1.0781**	1.0459
기하평균	0.9537	1.0356	0.9988	<	기하평균	1.0152	1.0003	1.0249
표준편차	0.1559	0.1687	0.0348	<	표준편차	0.0381	0.0558	0.0733
최댓값	1.1171	1.3239	1.0517	<	최대값	1.0762	1.0781	1.1378
최솟값	0.7390	0.8976	0.9581	<	최소값	0.9843	0.9565	0.9433

**는 최댓값, *는 최솟값.



[그림 5-11] 시계열별 평균 MPI, MLPI 비교

<표 5-8>와 [그림 5-12]에서 보는 바와 같이 도시별로 두 값의 차이를 비교해 보면, 가장 차이가 큰 도시는 강원도로 성장률이 19.6%까지 차이가 났다. 도시별 차이의 절대값 평균을 구해보니 3.2%였다. 이러한 사실로부터 오염물질을 고려하지 않고 도시의 생산성을 평가할 경우 과대 혹은 과소평가 될 수 있음을 알 수 있다.

세부적으로 비교하면 전국을 포함한 서울시, 대전시, 경기도, 충청남도, 전라남도, 경상북도의 7개 도시는 $MPI > MLPI$ 로 나타났다. 이 중에서 가장 큰 차이를 보인 도시는 경상북도로 13.8%로 나타났다. 따라서, 이들 도시들은 산출물의 증가비율이 오염물질 절대 감소비율 보다 큰 도시들이다. 이와는 대조

적으로 부산시, 대구시, 인천시, 광주시, 울산시, 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상남도, 제주도 10개 도시는 $MLPI > MPI$ 로 나타났다. 이 중에서 가장 큰 차이를 보인 도시는 앞서 말한 강원도로 나타났다. 따라서, 이들 도시들은 오염물질 절대 감소비율이 산출물 증가비율 보다 크게 나타난 도시들이다.

주요 도시와 기타 도시로 비교해 보면 주요 도시는 $MLPI(1.0104)$ 가 $MPI(1.0040)$ 보다 크고 둘 다 '1'보다 큰 값을 보여 생산성 차이가 0.6%로 근소했다. 이에 비해 기타 도시는 $MLPI(1.0258)$ 가 $MPI(0.9946)$ 보다 크고 $MLPI$ 만 '1'보다 큰 값을 보이며 생산성의 차이가 3.1% 높게 나타났다.

한편, 수도권과 비수도권 권역별로 비교해 보면 수도권(경기도, 강원도, 서울시 포함)⁴⁷⁾ $MLPI(1.0521)$ 가 $MPI(1.0229)$ 보다 크고 둘 다 '1'보다 큰 값을 보여 생산성 차이가 2.9% 였다. 이에 비해 비수도권(충청도, 전라도, 경상도, 제주도 포함)은 $MLPI(1.0164)$ 가 $MPI(1.0020)$ 보다 크고 역시 둘 다 '1'보다 큰 값을 보여 생산성 차이가 수도권보다 1.4% 낮게 나타났다. 따라서 오염물질을 고려한 생산성이 고려하지 않은 생산성보다 높다는 것은 산출 증대에 상응하는 만큼 오염물질을 줄이면서 생산성을 증대시켰다는 것을 의미한다. 즉, 분석기간 동안 도시 및 권역별로 볼 때, 기타 도시가 주요 도시보다, 수도권이 비수도권 오염물질을 줄이면서 생산성을 증대하는데 효과적이라고 볼 수 있다.

따라서, 지금까지 분석한 오염물질을 고려한 생산성 지수는 오염물질을 고려하지 않은 생산성 지수와 비교하면, 차이가 있음을 알 수 있다.⁴⁸⁾ 이는 오

47) 제4차 국토종합계획 수정계획 및 제3차 수도권정비계획 등 기존 법적 계획에서 서울시, 인천시, 경기도를 포함하는 권역을 수도권의 범위로 규정해 왔다. 그러나 수도권의 범위는 생활권, 경제권, 계획의 범위 등 관점 및 접근기준에 따라 그 공간적 범위가 달라질 수 있다. 수도권의 실질적 범위는 수도 서울을 중심으로 형성되는 통근권을 기초로 하여 해당도시와 그 주변지역간의 기능적 상호작용이 이루어지는 권역으로서 정의되는 것이 일반적이다. 따라서, 수도권을 서울과 인접한 경기도, 강원도로 하고, 비수도권을 충청도, 전라도, 경상도, 제주도로 그룹화하여 분석함.

48) 강상목 외(2003) 연구에서도 이와 같은 결과가 입증되었다. 이것은 이 모형의 특성상 오염물질을 포함하게 되면 생산 가능영역이 줄어들어 상대적으로 생산성이 높아지게 되는 것이다. 또한 오염물질을 고려하지 않은 생산성과 오염물질을 고려한 생산성이 다르다 해도 만약 모든 도시에 대해 동일한 비율로 다르다면, 오염물질을 고려해서 생산성을 분석할 필요가 없다. 오염물질 고려 여부에 따라 도시

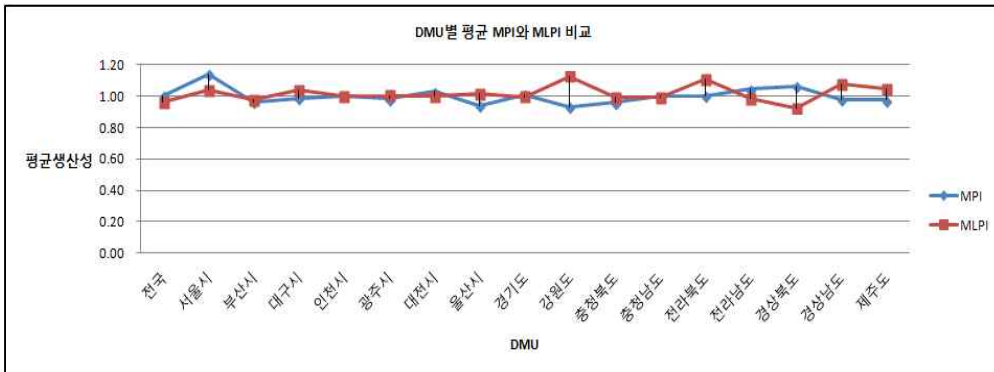
염물질을 고려하지 않은 생산성만을 기준으로 도시 생산성을 평가하는 것은 타당하지 않다는 것을 의미한다. 이 결과로부터 오염물질이 도시의 생산성에 영향을 준다는 것을 알 수 있으며 도시마다 오염물질이 생산성에 미치는 영향이 다르다는 것을 짐작할 수 있다.

<표 5-8> 주요 도시 및 기타도시 평균 MPI, MLPI 비교

DMU별 평균 MPI				대소	DMU별 평균 MLPI			
DMU	MTECI	MTCI	MPI		DMU	MLTECI	MLTCI	MLPI
전국	0.9551	0.9159**	1.0003	>	전국	0.9578	1.0028	0.9605
서울시	1.1019**	0.8497*	1.1395**	>	서울시	0.9857	1.0530**	1.0379
부산시	0.9140	0.9159	0.9612	<	부산시	0.9637	1.0125	0.9758
대구시	0.9296	0.9159	0.9846	<	대구시	1.0863	0.9580	1.0406
인천시	0.9946	0.8604	0.9999	<	인천시	0.9644	1.0370	1.0000
광주시	0.9763	0.8595	0.9838	<	광주시	1.0000	1.0032	1.0032
대전시	1.0000	0.8765	1.0301	>	대전시	1.0000	1.0000	1.0000
울산시	0.9437	0.8990	0.9411	<	울산시	1.0000	1.0171	1.0171
경기도	0.9639	0.9159	1.0099	>	경기도	1.0000	0.9956	0.9956
강원도	0.9043*	0.9159	0.9303*	<	강원도	1.1448**	0.9846	1.1272**
충청북도	0.9344	0.8933	0.9609	<	충청북도	1.0478	0.9474*	0.9927
충청남도	0.9488	0.9159	0.9977	>	충청남도	1.0130	0.9781	0.9908
전라북도	0.9864	0.8719	1.0010	<	전라북도	1.0645	1.0419	1.1091
전라남도	0.9876	0.9159	1.0445	>	전라남도	1.0225	0.9628	0.9845
경상북도	1.0046	0.9159	1.0626	>	경상북도	0.9411*	0.9820	0.9242*
경상남도	0.9236	0.9159	0.9768	<	경상남도	1.0895	0.9875	1.0760
제주도	0.9445	0.9117	0.9749	<	제주도	1.0000	1.0494	1.0494
기하평균	0.9645	0.8976	0.9988	<	기하평균	1.0152	1.0003	1.0155
표준편차	0.0467	0.0243	0.0496	<	표준편차	0.0542	0.0316	0.0520
최댓값	1.1019	0.9159	1.1395	<	최댓값	1.1448	1.0530	1.1272
최솟값	0.9043	0.8497	0.9303	>	최솟값	0.9411	0.9474	0.9242

**는 최댓값, *는 최솟값.

생산성이 달라지고, 달라진 값이 의미가 있으려면, 오염물질을 고려하기 전과 후에 순위가 바뀌어야 할 것이다. 이에 대한 분석은 순위합 검정을 통해서 가능하며, 추후 분석을 통해 보여질 것임.



[그림 5-12] 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI, MLPI 비교

제3절 MPI와 MLPI의 생산성 지수 동질성 분석 결과 비교

1. 시계열별 평균 생산성 지수 동질성 분석 결과

<표 5-9>는 2008~2013년 동안 두 가지 서로 다른 그룹간의 시계열별 평균생산성 및 그 구성요소 추정치들의 동질성을 검정하기 위하여 비모수 통계 기법의 독립된 두 표본에 적용할 수 있는 Wilcoxon의 순위합 검정결과를 정리한 것이다. 따라서 본 연구에서는 MPI와 MLPI의 결과 비교를 위해 효율성 지표들의 순위 차이 여부를 검증하였다. 순위합 검정 결과, Z통계량에 대한 근사유의확률은 모두 유의하지 않게 나타나 통계학적으로 의미 있는 변화, 차이가 없었으므로 효율성의 생성과정에는 동질성이 존재함을 알 수 있다.

<표 5-9> 시계열별 평균 MPI, MLPI 동질성 분석결과

구분	MTECI MLTECI	MTCI MLTCI	MPECI MLPECI	MSECI MLSECI	MPI MLPI
Mann-Whitney의 U	10.000	12.000	8.000	7.000	10.000
Wilcoxon의 W	25.000	27.000	23.000	22.000	25.000
Z	-.522	-.104	-.940	-1.149	-.522
근사 유의확률(양측)	.602	.917	.347	.251	.602
정확한 유의확률(양측)	.690	1.000	.421	.310	.690
정확한 유의확률(단측)	.345	.500	.210	.155	.345

2. 주요 도시 및 기타 도시 평균 생산성 지수 동질성 분석 결과

<표 5-10>은 2008~2013년 동안 두 가지 서로 다른 그룹간의 시도별(DMU별) 평균생산성 및 그 구성요소 추정치들의 동질성을 검정하기 위하여 비모수 통계기법의 독립된 두 표본에 적용할 수 있는 Wilcoxon의 순위합검정 결과를 정리한 것이다. 순위합 검정 결과, Z통계량에 대한 근사유의확률은 MTECI-MLTECI, MTCI-MLTCI, MSECI-MLSECI가 1%에서 유의적으로 나타났다. MPECI-MLPECI, MPI-MLPI는 유의적이지 않게 나타났다. 즉 이 기간 동안 순수한 효율성 차이와과 생산성 지수 차이 간에는 통계학적으로 의미 있는 변화가 없었으므로 이 항목들에 해당하는 효율성의 생성과정에는 동질성이 존재함을 알 수 있다.

<표 5-10> 주요 도시 및 기타 도시 평균 MPI, MLPI 동질성 분석결과

구분	MTECI MLTECI	MTCI MLTCI	MPECI MLPECI	MSECI MLSECI	MPI MLPI
Mann-Whitney의 U	59.500	.000	139.000	51.000	115.000
Wilcoxon의 W	212.500	153.000	292.000	204.000	268.000
Z	-2.936	-5.023	-.195	-3.262	-1.016
근사 유의확률(양측)	.003***	.000***	.845	.001***	.310
정확한 유의확률(양측)	.003***	.000***	.861	.001***	.318
정확한 유의확률(단측)	.001***	.000***	.431	.000***	.159

***P<0.01

제4절 산출손실액 추정⁴⁹⁾

1. 미세먼지와 질소산화물 동시적 고려한 산출손실액

<표 5-11>에서 보는 바와 같이 분석기간 동안 도시 전체 6년 평균 산출손실액 합은 11조 3,196억 원이고, 도시평균 6,658억 원이다. 산출손실액을 시계열 기간별로 살펴보면, 2008~2009년 23조 409억 원에서 5조 2,906억 원으로 크게 감소하였고, 2010년 다시 14조 9,259억 원으로 증가한 이후 2012년 까지 5조 2,954억 원으로 하락하는 감소 추세를 보이다가 2013년에는 10조 1,257억 원으로 증가하고 있다. 전국을 제외하고 주요 도시별 최대 산출손실액을 보인 곳으로는 2008년, 2010~2013년에 경기도와 2009년 전라북도였다. 분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도, 0인 도시는 대전시, 울산시였다.

이를 세분하여 주요 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 부산시로 5,762억 원이고, 그 다음으로 인천시, 서울시, 광주시 순으로 나타났다.

한편, 기타 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도로 1조 6,692억 원이고, 그 다음으로 전라북도, 경상남도, 충청남도, 충청북도, 전라남도, 제주도, 강원도, 경상북도 순으로 나타났다.

49) 질소산화물과 미세먼지가 도시의 생산성에 미치는 영향은 도시별 특성에 따라 다를 것임. 산출손실액을 비교함으로써 질소산화물 저감에 따른 부담을 많이 갖고 있는 도시 또는 미세먼지 저감에 따른 부담을 많이 갖고 있는 도시를 파악함.

<표 5-11> 주요 도시 및 기타 도시의 PM10과 NOx 산출손실액

(단위 : 백만 원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
전국	14,645,279.5	2,047,491.4	8,010,031.4	4,512,606.8	2,062,660.5	3,782,127.8	5,843,366.2
서울시	0.0	101,538.4	82,765.5	0.0	15,616.8	284,399.5	80,720.0
부산시	1,327,070.1	266,738.2	494,941.2	482,617.7	324,018.9	561,896.2	576,213.7
대구시	0.0	19,799.3	31,025.9	118,887.4	0.0	43,395.4	35,518.0
인천시	385,242.5	0.0	0.0	59,952.9	50,980.8	94,034.9	98,368.5
광주시	85,630.5	40,224.2	158,299.1	10,038.9	0.0	39,843.3	55,672.7
대전시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
울산시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
경기도	2,728,834.6	444,490.6	2,167,583.9	1,612,235.8	1,182,781.1	1,883,641.5	1,669,927.9
강원도	647,144.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	107,857.5
충청북도	0.0	204,936.7	840,631.3	364,904.1	0.0	0.0	235,078.7
충청남도	1,459,119.9	391,524.9	791,828.6	303,227.9	260,066.4	777,003.2	663,795.1
전라북도	523,326.0	983,172.1	720,102.3	425,507.4	690,176.6	1,251,177.5	765,577.0
전라남도	228,139.5	137,410.8	282,032.3	311,266.0	131,058.6	316,114.5	234,337.0
경상북도	0.0	0.0	106,658.9	299,996.5	1,289.8	66,985.9	79,155.2
경상남도	722,638.3	576,247.0	962,630.0	689,546.0	390,104.3	772,014.9	685,530.1
제주도	288,534.4	77,069.8	177,439.0	148,146.2	186,738.5	253,086.0	188,502.3
합계	23,040,969.9	5,290,643.3	14,825,969.5	9,338,933.7	5,295,492.4	10,125,720.6	11,319,619.9
평균	1,355,350.6	311,214.3	872,115.9	549,349.0	311,499.6	595,630.6	665,860.0
표준편차	3,500,877.0	521,148.9	1,922,045.8	1,094,697.6	551,137.2	973,524.0	1,401,097.2
최소	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
최대	14,645,279.5	2,047,491.4	8,010,031.4	4,512,606.8	2,062,660.5	3,782,127.8	5,843,366.2

2. 질소산화물 고려한 산출손실액

<표 5-12>에서 보는 바와 같이 질소산화물의 경우 분석기간 동안 전체 6년 평균 산출손실액 합계는 12조 6,393억 원, 도시평균 7,440억 원이었다. 도시전체 산출손실액 합은 질소산화물과 미세먼지를 동시에 고려했을 경우와 비슷한 양상을 보여주었다. 즉 2008~2009년 24조 6,583억 원에서 5조 9,820억 원으로 크게 감소하였고, 2008년, 2010~2013년 경기도와 2009년 전라북도였다. 분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 역시 경기도, 0인 도시는 대전시와 울산시였다.

이를 세분하여 주요 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 부산시로 5,768억원 이고, 그 다음으로 인천시, 서울시, 대구시, 광주시 순으로 나타났다.

한편, 기타 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출액이 가장 큰 도시는 경기도로 1조 7,193억 원이고, 그 다음으로 전라북도, 경상남도, 충청남도, 강원도, 충청북도, 전라남도, 제주도, 경상북도 순으로 나타났다.

<표 5-12> 주요 도시 및 기타 도시의 NOx 산출손실액

(단위 : 백만 원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
전국	15,632,928.1	2,572,860.7	8,998,038.7	4,526,631.5	3,078,619.4	4,254,652.7	6,510,621.8
서울시	0.0	101,427.4	82,638.5	0.0	15,772.6	284,517.2	80,725.9
부산시	1,327,541.2	266,667.9	494,666.6	482,456.2	327,233.4	562,764.3	576,888.3
대구시	21,947.9	23,478.3	63,533.4	173,235.1	3,212.0	49,285.9	55,782.1
인천시	390,719.1	0.0	0.0	60,090.9	50,080.5	103,749.3	100,773.3
광주시	85,642.8	40,374.1	158,377.5	10,220.7	0.0	40,064.7	55,780.0
대전시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
울산시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
경기도	2,867,689.5	467,447.4	2,232,507.6	1,611,013.7	1,230,529.5	1,906,999.8	1,719,364.6
강원도	647,165.8	0.0	658,482.2	745,261.9	0.0	875,497.5	487,734.6
충청북도	460,995.6	335,047.0	1,063,247.6	522,563.5	0.0	0.0	396,975.6
충청남도	1,461,348.3	390,920.3	791,395.0	303,610.2	259,013.9	777,551.8	663,973.3
전라북도	523,309.7	982,752.1	720,948.1	424,694.9	690,921.6	1,250,826.9	765,575.5
전라남도	228,243.2	147,550.6	293,998.4	362,162.4	159,984.8	316,419.3	251,393.1
경상북도	0.0	0.0	181,042.6	398,234.1	2,184.3	78,696.6	110,026.3
경상남도	722,401.6	576,573.6	963,118.9	688,643.6	390,627.5	769,960.2	685,220.9
제주도	288,446.5	76,998.3	177,417.1	148,242.7	186,654.6	253,163.0	188,487.0
합계	24,658,379.3	5,982,097.6	16,879,412.3	10,457,061.4	6,394,833.9	11,524,149.2	12,649,322.3
평균	1,450,492.9	351,888.1	992,906.6	615,121.3	376,166.7	677,891.1	744,077.8
표준편차	3,728,823.7	632,835.1	2,139,775.2	1,084,172.4	768,680.5	1,061,777.6	1,546,989.6
최소	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
최대	15,632,928.1	2,572,860.7	8,998,038.7	4,526,631.5	3,078,619.4	4,254,652.7	6,510,621.8

3. 미세먼지 고려한 산출손실액

<표 5-13>에서 보는 바와 같이 분석기간 동안 도시 전체 6년 평균 산출손실액 합은 16조 5,483억 원이고, 도시평균 9,734억 원이다. 산출손실액 합을 시계열 기간별로 살펴보면, 2008~2009년 25조 2,841억 원에서 10조 1,398억 원으로 감소하였고, 2012년까지 10조 4,546억 원으로 감소한 뒤 2013년 16조 7,687억 원으로 증가하고 있다. 전국을 제외하고 주요 도시별 최대 산출손실 2008년, 2010~2013년 경기도와 2009년 전라북도였다.

<표 5-13> 주요 도시 및 기타 도시의 PM10 산출손실액

(단위 : 백만 원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
전국	14,641,672.4	6,214,112.6	12,125,820.5	10,040,453.9	7,096,478.6	10,375,862.6	10,082,400.1
서울시	0.0	99,609.7	82,638.5	0.0	39,703.5	135,533.6	59,580.9
부산시	955,432.7	155,499.4	358,464.9	333,450.5	99,848.1	296,499.7	366,532.6
대구시	16,650.1	0.0	28,987.1	60,971.0	0.0	0.0	17,768.0
인천시	385,773.3	0.0	0.0	177,455.9	223,693.1	345,409.2	188,721.9
광주시	85,642.8	40,374.1	127,018.8	10,220.7	0.0	40,064.7	50,553.5
대전시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
울산시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
경기도	2,727,665.6	911,810.9	2,578,224.0	2,396,874.0	1,180,449.8	1,884,825.4	1,946,641.6
강원도	633,683.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105,613.9
충청북도	688,903.6	204,051.2	994,896.0	366,107.4	0.0	0.0	375,659.7
충청남도	1,618,944.7	625,472.5	1,013,636.1	935,012.0	287,793.2	813,912.2	882,461.8
전라북도	1,596,388.5	1,266,784.5	775,565.4	851,166.7	1,111,737.9	1,738,686.0	1,223,388.2
전라남도	343,791.3	52,336.3	289,156.1	445,738.3	60,576.8	207,366.2	233,160.8
경상북도	40,554.5	0.0	276,147.2	556,154.6	7,645.0	66,330.0	157,805.2
경상남도	1,458,507.4	569,790.4	893,158.7	759,273.7	274,495.0	805,708.4	793,488.9
제주도	90,563.7	0.0	90,294.8	75,863.8	72,191.4	58,548.0	64,577.0
합계	25,284,173.8	10,139,841.6	19,634,008.0	17,008,742.5	10,454,612.3	16,768,746.0	16,548,354.0
평균	1,487,304.3	596,461.3	1,154,941.6	1,000,514.3	614,977.2	986,396.8	973,432.6
표준편차	3,478,358.2	1,495,812.9	2,901,976.3	2,404,523.6	1,710,058.1	2,491,022.9	2,406,406.0
최소	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
최대	14,641,672.4	6,214,112.6	12,125,820.5	10,040,453.9	7,096,478.6	10,375,862.6	10,082,400.1

분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도, 0인 도시는 대전시와 울산시로 앞의 결과와 유사한 패턴을 보여주고 있다. 그리고 이를 세분하여 주요 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 부산시로 3,665억 원이고, 그 다음으로 인천시, 서울시였다.

한편, 기타 도시별로 평균 산출손실액을 살펴보면, 분석기간 동안 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도로 1조 9,466억 원이고, 그 다음으로 전라북도, 충청남도, 경상남도, 충청북도, 전라남도, 강원도, 제주도 순으로 나타났다.

4. 시계열별, 핵심 도시별 산출손실액 크기 비교

<표 5-14>를 통해 미세먼지와 질소산화물의 산출손실액 합계의 크기를 시계열적으로 비교해보면, 2008~2013년 모든 기간 동안 미세먼지에 의한 산출손실합계가 더 크며 산출손실합계 평균도 미세먼지에 의한 산출손실합계가 더 크며 산출손실합계 평균도 3조 8,990억 원 더 크게 나타났다.

<표 5-14> PM10과 NOx의 산출손실액 합계 크기 비교

(단위 : 백만 원)

구분		2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
PM10	합계	25,284,173.8	10,139,841.6	19,634,008.0	17,008,742.5	10,454,612.3	16,768,746.0	16,548,354.0
	평균	1,437,304.3	596,461.3	1,154,941.6	1,000,514.3	614,977.2	986,396.8	973,432.6
NOx	합계	24,668,379.3	5,982,097.6	16,879,412.3	10,457,061.4	6,394,833.9	11,524,149.2	12,649,322.3
	평균	1,450,492.9	351,888.1	992,906.6	615,121.3	376,166.7	677,891.1	744,077.8

한편, <표 5-15>를 통해 핵심 지역인 서울, 부산, 경기도, 경상남도 4개 지역만으로 한정하여 미세먼지와 질소산화물의 산출손실액 크기를 시계열별로 비교해보면, 서울은 2008년, 2010~2011년은 손실액 크기가 같았고, 2009년,

2013년에는 질소산화물이 18억, 1,489억 원 컸으며, 2012년에는 미세먼지가 239억 원 컸으며, 전체기간 동안 질소산화물의 산출손실액 평균이 211억 원 높게 나타났다. 부산은 2008~2013년 전체 기간 동안 질소산화물 손실액이 더 높게 나왔다. 산출손실액 평균은 2,103억 원 높게 나왔다.⁵⁰⁾ 경기도는 2008년, 2012년, 2013년에 질소산화물 손실액이, 2009~2011년에 미세먼지 손실액이 더 높게 나왔다. 미세먼지가 산출손실액 평균 2,272억 원 더 높게 나왔다.⁵¹⁾ 경상남도는 2009~2010년, 2012년에 질소산화물 손실액이, 2008년, 2011년, 2013년에 미세먼지 손실액이 더 높게 나왔다. 미세먼지가 산출손실액 평균 1,082억 원 더 높게 나왔다.

따라서, 우리나라 4개 핵심 도시들을 살펴본 결과 주요 도시인 부산과 서울은 질소산화물을 줄이는데 부담이 컸고, 기타 도시인 경기도와 경상남도는 미세먼지를 줄이는데 부담이 컸다는 것을 알 수 있다. 그러나 도시 전체적으로는 미세먼지의 부담이 더 크게 작용하였다.

<표 5-15> 4개 핵심 지역 PM10과 NOx의 산출손실액 크기 비교

(단위 : 백만 원)

구분		2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
서울	PM10	0.0	99,609.7	82,638.5	0.0	39,703.5	135,533.6	59,580.9
	Nox	0.0	101,427.4	82,638.5	0.0	15,772.6	284,517.2	80,725.9
부산	PM10	955,432.7	155,499.4	358,464.9	333,450.5	99,848.1	296,499.7	366,532.6
	Nox	1,327,541.2	266,667.9	494,666.6	482,456.2	327,233.4	562,764.3	576,888.3
경기도	PM10	2,727,665.6	911,810.9	2,578,224.0	2,396,874.0	1,180,449.8	1,884,825.4	1,946,641.6
	Nox	2,867,689.5	467,447.4	2,232,507.6	1,611,013.7	1,230,529.5	1,906,999.8	1,719,364.6
경상남도	PM10	1,458,507.4	569,790.4	893,158.7	759,273.7	274,495.0	805,708.4	793,488.9
	Nox	722,401.6	576,573.6	963,118.9	688,643.6	390,627.5	769,960.2	685,220.9

50) 2013년 현재 건설장비의 활동대수 및 가동시간 증가, 공공발전시설의 CleanSYS 배출시설 증가, 제조업 연소의 공정로 시설에서 LNG 사용량 증가 등이 NOx 배출량의 주된 증가 요인으로 나타났다. 2013년 대기오염물질 배출량, 국립환경과학원.

51) 제조업 연소 부문의 무연탄 사용량 변화, 건설장비 활동대수 및 가동시간의 증가 등이 PM10 배출량의 주된 증가 요인으로 나타났다. 2013년 대기오염물질 배출량, 국립환경과학원.

제5절 규모수익 평가⁵²⁾

앞의 제3장 3절에서 기술한 바와 같이, 규모수익 평가에 있어서 규모수익비증가(Non Increasing Return to Scale : NIRS) 기술효율성과 규모수익가변(VRS) 기술적 효율성이 동일한지 여부를 조사하면 결정할 수 있다. 만약 NIRS와 VRS가 다르면 기업은 규모수익체증(IRS), 같으면 규모수익체감(DRS)이다. 또한 규모수익불변(CRS) 가정 기술적 효율성과 규모수익가변(VRS) 가정 기술적 효율성이 같으면 규모수익불변(CRS)로 평가한다.

<표 5-16>, <표 5-17>은 6년간의 주요 도시별 규모수익 평가 변화, 발생빈도 변화를 나타내고 있다. 우선, 식품제조업을 시계열 및 DMU별 전체적으로 살펴보면, DRS는 62개 CRS는 23개로 평균적으로 DRS 상태이다. 즉 식품을 제조하는 도시들의 평균적인 기술효율성 값은 CCR에서는 0.958로 추정되어, 효율적인 도시에 비해 약 5%의 비효율적 과다 투입이 발생하고 있으며, 효율성 개선을 위한 투입 축소의 여지가 있는 것으로 나타났다. 표준편차는 0.20으로, 약 20% 도시들 간 효율성 격차를 보여주었다. BCC에서 평균적인 순수기술효율성 값은 1.013으로 추정되어 비효율적인 도시에 비해 약 1% 적정 투입 효율적이었으나, 규모효율성 면에서 0.972로 약 3%의 비효율성이 발생하여 전체적인 효율성의 퇴보를 겪고 있는 것으로 보여진다. 도시별로 살펴보면, 광주, 대전, 울산, 제주도는 생산자가 생산과정을 그대로 복제하는 경우로 생각해 볼 수 있다. 즉, 모든 생산요소를 동시에 2배로 증가시키는 경우로, 생산 공장을 복제하여 모든 조건을 동일하게 하고 다른 곳에 건설한다면 생산량은 정확히 2배로 증가할 것이다. 서울시와 부산시는 2010~2011년을 제외하고 규모수익체감 상태, 인천시는 2009~2010년을 제외하고 규모수익체감 상태에 있다. 그 밖의 도시들은 전체 기간 모두 규모수익체감 상태에 있다. 전체적으로 광주, 대전, 울산, 제주

52) 앞서 말한바와 같이, 투입물의 양을 비례적으로 조정할 때 도시 간의 투입산출관계가 동일해질 수 있다고 볼 것인지 아니면 규모수익체증 또는 체감의 관계가 있다고 볼 것인지에 따라 프런티어의 모양이 달라지기 때문에 규모수익 평가를 통해 특성을 보는 것임.

도를 제외한 나머지 도시들은 생산규모가 증가함에 따라 오히려 의사전달 및 의사결정체계가 복잡해지는 등 경영상의 비효율이 발생하는 규모에 대한 수익이 체감(DRS)으로 평가되고 있다. 즉 규모의 비경제(Diseconomies of Scale)가 존재한다. 따라서 도시별 식품제조업의 혁신적인 구조 조정을 고려해 볼 만하다.

<표 5-16> 규모수익 평가 변화

구분	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
전국	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
서울시	DRS	DRS	CRS	DRS	DRS
부산시	DRS	DRS	CRS	DRS	DRS
대구시	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
인천시	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS
광주시	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
대전시	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
울산시	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
경기도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
강원도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
충청북도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
충청남도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
전라북도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
전라남도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
경상북도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
경상남도	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
제주도	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
2008-2013					
구분	CCR	BCC	SE	NIRS	규모수익평가
MEAN	0.985	1.013	0.972	1.013	DRS
S.D	0.200	0.164	0.124	0.164	DRS
MIN	0.539	0.539	0.728	0.539	CRS : 23개
MAX	1.624	1.603	1.249	1.603	DRS : 62개

<표 5-17> 규모수익별 발생 빈도

구분	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
IRS	0	0	0	0	0
CRS	4	5	6	4	4
DRS	13	12	11	13	13
%	0	0	0	0	0
	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2
	0.8	0.7	0.6	0.8	0.8

VI. 결론

식량과 식품은 인류의 생존과 행복 추구의 중요한 요소 중의 하나이다. 그러나 식품의 생산, 유통, 소비 과정에서 파생되는 식품경제의 비환경적인 요인들이 사회 생산 시스템에 부정적인 영향을 끼친다고 인식되고 있다. 그것은 식품경제가 사회 생산 시스템에 미치는 외부불경제에 관한 것이다. 이는 소비 과정상에서 발생하는 식품쓰레기와 식품패키지 처리에 관한 것 뿐만 아니라, 생산 시 유발하는 대기물질 등에 관한 배출 감시와 저감에 관한 것들이다. 이 중 현시점에서 보다 이슈가 되고 있는 것은 생산 과정상의 수반 생산물인 대기오염물질(미세먼지, 질소산화물 등) 등과 관련된 사항이다. 이와 같은 오염물질들은 인간의 건강 및 보전에 치명적인 영향을 끼쳐 경제활동의 장애를 유발하고, 전체 총생산성을 저해 할 수 있는 비소망재로 분류되어 특별히 주목받고 있다. 그러나 식품 생산의 사전적 안전성을 고려하여 이러한 요인들을 고려한 국가 전체적인 도시별 생산성 측정은 사회과학 측면에서는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

현재 세계 각국은 과거의 양적 성장 위주 방식을 지양하고 경제성장과 동시에 환경과 생태를 고려하는 시스템 개발을 통한 지속적 발전을 추구하고 있다. 또한 이를 과학적으로 뒷받침 해 줄, 보다 적절한 새로운 평가지표 개발을 위한 방법론에 대한 연구도 부문별로 이루어지고 있다. 환경문제로 인한 녹색성장, 지속가능한 발전이라는 화두가 푸드시스템, 식품경제 부문으로 던져지며 논의가 되고 있다. 그러함에도 불구하고 식품제조업에 대한 생산성이라든지 환경변수를 고려한 연구는 통계자료의 미비나 자료의 누락 등으로 제대로 진행되지 못하고 있다. 있다고 하더라도 식품제조업의 생산성과 관련된 연구는 대부분 현황 분석적인 연구가 주를 이루고 있다. 즉 비소망재를 고려한 시도별 식품제조업 생산 효율성 분석에 관한 보다 실증적인 연구가

진행된 사례는 희소하며, 대부분 전체 제조업이나 일부 도시를 대상으로 한 생산성 연구가 이루어지고 있는 실정이다.

이런 실정에서 본 연구의 목적은 비소망재를 고려 한 경우와 고려 하지 않은 경우의 도시 생산성 변화를 각각 비교 분석하여 종합하는 것이다. 이와 같은 연구목적을 성취하기 위해서 수행되었던 연구내용을 세부적으로 정리하면 다음과 같다.

첫째, 비소망재를 고려한 경우와 아닌 경우의 생산성을 구하고, 이 값들이 서로 차이가 있는 지를 밝히는 것이다. 그 차이를 이전 선행연구보다 정밀하게 분석하기 위해서 CRS 및 VRS의 동시적 고려를 통해 MLTECI와 구성요인 MLPECI, MLSECI로 세부적으로 분해·분석하였다.

둘째, 2008~2013년 6년간 두 가지 서로 다른 그룹(비소망재 고려 전·후 그룹)의 시계열별, DMU별 평균생산성 및 그 구성요소 추정치들의 차이를 객관적으로 파악하기 위해서 Wilcoxon의 순위합검정을 통해서 동질성을 분석하였다.

셋째, 질소산화물과 미세먼지의 배출량 저감 노력으로 인해 어떤 물질이 관련 도시들에게 더 큰 부담이 되는지 알아보았다. 이를 위해서 강조건(Strong Disposability)과 약조건(Weak Disposability)을 이용하여 오염물질을 줄일 때 포기해야 하는 산출손실의 크기를 추정하였다.

끝으로, 비소망재 저감으로 인한 산출손실이 낮게 추정된다고 하더라도 해당 지역도시가 최적의 수준으로 운영된다는 보장이 없다. 따라서, 최적규모에 대한 제약조건을 이용한 CRS, VRS, NIRS 동시적인 비교를 통해서 지역도시가 최적규모로 운영되고 있는지 규모수익을 평가하였다.

본 연구는 2008~2013년 6년 동안 우리나라 시도들의 질소산화물(NO_x), 미세먼지(PM_{10})를 적용 한 MLPI와, 적용하지 않은 MPI로 추정하였다. 그리고 두 값을 비교·분석하여 우리나라 주요 도시들이 재화를 생산할 경우 비소

망재 배출량을 고려하여 지속가능한 생산·성장을 달성하고 있는지 살펴보았다. 그 분석한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 비소망재를 고려하지 않을 경우 2008~2013년 분석기간 동안의 MPI는 그 기하평균이 0.9988로 추정되어 평균적으로 1% 정도의 생산성의 하락되어 준효율적으로 분석되었다. 기술 변화 지수인 MTCI는 1.0356로 추정되어 식품제조업 운영에 있어 투입과 산출의 기술적인 결합을 통한 효율성이 3.5% 정도 향상되어 효율적이었으며, 기술 효율적 변화 지수인 MTECI는 0.9537로 나타나 5% 정도 하락으로 준효율성을 나타내어 총요소생산성의 하락의 원인이 근소하나 기술효율성의 퇴보에 의해서 발생했음을 알 수 있다. 또한, MTECI의 퇴보는 이것의 구성성분인 MSECI가 0.9642로 4% 정도 하락하고, MPECI가 1.0002로 거의 변동 없는 것으로 추정되어 MSECI에 의해 기인하였음을 보여준다.

시도별(DMU별) 평균생산성 지수의 추정결과 2008~2013년 사이에 가장 높은 생산성의 향상을 보여준 DMU는 서울시로 연평균 13.9%의 생산성의 향상을 가져온 것으로 나타났고, 반면에 가장 낮은 생산성의 하락을 보여준 DMU는 강원도로 7%의 생산성의 하락을 가져온 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 전국은 MTECI, MSECI가 준효율적이고 MTCI, MPECI 효율적이었다. 이 중 MTCI 4.7% 향상이 MSECI의 4.4% 하락을 상쇄하여 총요소생산성의 효율성이 기술수준의 진보로 초래되었음을 알 수 있다. 서울특별시는 MTECI 1.1019, MTCI 1.0341, MPECI 1.0912, MSEEI 1.0098로 모두 효율적으로 추정되었는데 이중 MTECI, MPECI, MSECI가 효율적일 뿐만 아니라 최댓값을 보여 DUM 중에서 가장 큰 총요소생산성의 값을 견인하였다. 반면에 제주도는 MTECI가 0.9043, MPECI 0.9592, MSECI 0.9428로 모두 준효율적, MTCI가 1.0288로 효율적으로 추정되었는데 이중 MSECI의 영향으로 MTECI가 최솟값을 보임에 따라 분석대상 DMU 가운데 가장 낮은 연

평균 생산성을 보여주었다.

주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석의 경우, 일정 경제성장 수준에 이르면, 후발지역(기타 도시)이 앞선 지역(주요 도시)의 식품제조업 지역간 기술효율과 비슷한 수준으로 수렴하는 것이 일반적이다. 식품제조업에서도 이러한 주요 도시와 기타 도시의 기술효율 Gap이 줄어들어 수렴현상을 보이다가 2010~2011년부터 다시 Gap이 생기는 반수렴현상을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 비소망채를 고려했을 경우 2008~2013년의 분석기간 동안의 시계열별 평균생산성 지수의 추정결과 MLPI지수는 그 기하평균이 1.0249로 추정되어 효율적으로 분석되었다. 기술 효율적 변화지수인 MLTECI는 1.0152로 추정되어 식품제조업 운영에 있어 투입과 산출의 기술적인 결합을 통해서 효율적이었으나 효율성이 1.5% 정도로 향상되어 변화가 있었던 것으로 볼 수 있다. 한편, 기술 변화 지수인 MLTCI는 1.0003로 나타나 효율적이었으나 0.03% 정도로 미미한 수준으로 향상되어 비소망채를 고려한 총요소생산성의 연평균 2.4% 상승의 원인이 근소하나마 기술적인 효율성에 의해서 발생했음을 알 수 있다. 또한, MLTECI가 효율적이긴 하나 상대적으로 적은 변화 양상을 보인 것은 이것의 구성성분인 MLSECI가 1.0070로 추정되었기 때문이다.

시도별(DMU별) 평균생산성 지수의 추정결과 2008~2013년 사이에 가장 높은 생산성의 향상을 보여준 DMU는 강원도로 연평균 12.7%의 생산성의 향상을 가져온 것으로 나타났고, 반면에 가장 낮은 생산성의 하락을 보여준 DMU는 경상북도로 7.5%의 생산성의 하락을 가져온 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 전국은 MLPECI가 1로 변화가 없었고 MLSECI가 최솟값 0.9578로 나타나 MLTECI가 0.9578로 4.2% 하락을 보여 주어 생산성은 3.9% 퇴보되었다. 서울시는 MLTECI의 모든 지표들이 준효율적이었고 MLTCI가 1.0530 최댓값을 보여 생산성은 3.7% 향상되었다. 충청북도는

MLPECI는 1로 변화가 없었고 MLSECI가 1.0478로 MLTECI를 효율적이게 했으나 MLTCI가 최솟값 0.9474로 5.2% 하락하여 생산성은 0.7% 퇴보되었다. 경상남도는 MLTCI가 0.9875로 1.2% 하락하여 준효율적이었지만 MLSECI의 최댓값 1.0647 영향으로 MLTECI가 8.9% 상승하여 생산성은 7.6% 향상되었다.

주요 도시와 기타 도시의 Catch-up 분석의 경우, 비소망재가 고려되었을 때 지역간 기술효율 Gap이 2009~2010년부터 줄어들며 수렴현상을 보이고 있다. 이는 오염물질 배출량을 고려할 때 집적 불경제가 어느 정도 작용하여 기타 도시에 비해 오염저감 활동을 통한 비용 증대로 효율성을 향상시키는데 다소간의 부담으로 작용되어 초기 규제 순응 적응에 어려움을 겪을 수 있다는 것을 시사한다.

셋째, 분석기간 동안 비소망재 고려 전·후 두 값을 비교해 보면, 시계열 및 도시별(DMU별) 평균 MLPI가 MPI보다 각각 2.6%, 1.6% 높게 나왔다. 도시별로만 두 값의 차이를 비교해 보면, 가장 차이가 나는 도시는 강원도로 성장률이 19.6%까지 차이가 났다. 도시별 차이의 절댓값 평균을 구해보니 3.3%였다. 따라서 비소망재를 고려하지 않고 도시 생산성을 평가할 경우 과대 혹은 과소평가될 수 있음을 알 수 있다.

세부적으로 시도별로 양상이 달랐다. 전국을 포함한 서울시, 대전시, 경기도, 충청남도, 전라남도, 경상북도 7개 시도들은 $MPI > MLPI$ 로 나타났다. 이 중에서 가장 큰 차이를 보인 경상북도로 나타났다. 이와는 대조적으로 부산시, 대구시, 인천시, 광주시, 울산시, 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상남도, 제주도 10개 시도들은 $MPI < MLPI$ 로 나타났다. 권역별로 수도권(경기도, 강원도, 서울)과 비수도권(충청도, 전라도, 경상도, 제주도 포함) 모두 $MPI < MLPI$ 로 효율적임을 보여 생산성이 증가한 것으로 나타났다.

한편, 부가가치 기준으로 상위 5순위까지 MPI와 MLPI를 비교해 보면 다음

과 같다. 전체적으로 경기도, 충청북도, 충청남도, 경상남도, 전라북도 순위였다. 이 중 경기도, 충청남도가 $MPI > MLPI$ 였고, 충청북도, 경상남도, 전라북도가 $MLP < MLPI$ 로 나타났다. 주요 도시는 인천시, 부산시, 서울시, 대전시, 대구시 순으로 나타났으며, 이 중 서울시, 대전시가 $MPI > MLPI$ 였고, 인천시, 부산시, 대구시가 $MLP < MLPI$ 로 나타났다. 따라서 부가가치가 높고 전처리 과정을 요구하는 규모 있는 음료, 낙농제품, 동물용 사료, 조미료, 병과류 제조업이 밀집한 지역에서 주로 $MPI > MLPI$ 를 보여주었다.

넷째, 2008~2013년 동안 두 가지 서로 다른 그룹간의 도시별(DMU별) 평균생산성 및 그 구성요소 추정치들의 동질성을 검정한 결과를 보면, Z통계량에 대한 근사유의확률은 MTECI-MLTECI, MTCI-MLTCI, MSECI-MLSECI가 1%에서 유의적으로 나타났다. MPECI-MLPECI, MPI-MLPI는 유의적이지 않게 나타났다. 즉 이 기간 동안 순수한 효율성 차이와 생산성 지수 차이 간에는 통계학적으로 의미 있는 변화가 없었으므로 이 항목들에 해당하는 효율성의 생성과정에는 동질성이 존재함을 알 수 있다. 이는 비소망재를 고려하지 않은 생산성만을 기준으로 도시 생산성을 평가하는 것은 타당하지 않다는 것을 의미한다.

다섯째, 미세먼지와 질소산화물 동시적 산출손실액은 분석기간 동안 도시 전체 6년 평균 산출손실액 합은 11조 3,196억 원이고, 도시평균 6,658억 원이다. 전국을 제외하고 주요 도시별 최대 산출손실액을 보인 곳으로는 2008년, 2010~2013년에 경기도와 2009년 전라북도였다. 분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도, 0인 도시는 대전시, 울산시였다.

질소산화물 고려한 산출손실액은 분석기간 동안 전체 6년 평균 산출손실액 합계는 12조 6,393억 원, 도시평균 7,440억 원이었다. 분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 역시 경기도, 0인 도시는 대전시와 울산시였다.

미세먼지 고려한 산출손실액은 분석기간 동안 도시 전체 6년 평균 산출손

실액 합은 16조 5,483억 원이고, 도시평균 9,734억 원이다. 분석기간 6년 평균 산출손실액이 가장 큰 도시는 경기도, 0인 도시는 대전시와 울산시로 앞의 결과와 유사한 패턴을 보여주고 있다.

시계열별, 핵심 도시별 산출손실액 크기를 비교해 본 결과, 2008~2013년 모든 기간 동안 미세먼지에 의한 산출손실합계가 더 크며 산출손실합계 평균도 미세먼지에 의한 산출손실합계가 더 크며 산출손실합계 평균도 3조 8,990억 원 더 크게 나타났다. 그리고 우리나라 4개 핵심 도시들을 비교해 본 결과 주요 도시인 부산과 서울은 질소산화물을 줄이는데 부담이 컸고, 기타 도시인 경기도와 경상남도는 미세먼지를 줄이는데 부담이 컸다는 것을 알 수 있다. 그러나 도시 전체적으로는 미세먼지의 부담이 더 크게 작용하였다.

끝으로, 식품제조업을 시계열 및 DMU별 전체적으로 살펴보면, DRS는 62개 CRS는 23개로 평균적으로 DRS 상태이다. 규모효율성 면에서 0.972로 약 3%의 비효율성이 발생하여 전체적인 효율성의 퇴보를 겪고 있는 것으로 보여진다. 도시별로 살펴보면, 광주, 대전, 울산, 제주도는 생산자가 생산과정을 그대로 복제하는 경우로 생각해 볼 수 있다. 서울시와 부산시는 2010~2011년을 제외하고 규모수익체감 상태, 인천시는 2009~2010년을 제외하고 규모수익체감 상태에 있다. 그 밖의 도시들은 전체 기간 모두 규모수익체감 상태에 있다. 즉 규모의 비경제(Diseconomies of Scale)가 존재한다. 따라서 시도별 식품제조업의 혁신적인 구조 조정을 고려해 볼 만하다.

본 연구에서 얻을 수 있는 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기존의 비소망재 감축 활동을 고려하지 않은 MPI는 생산량을 증가시키려는 노력뿐만 아니라, 비환경적 요소의 감축 활동이 생산성에 기여할 수 있다는 것을 무시하고 측정하였기 때문에 식품제조업의 시도별 생산성 성

장을 보여주는데 한계가 있을 수 있다. 즉 비소망재 감축 활동을 위한 기술 수준으로 보다 많이 전환한 도시의 생산성을 생산성성장으로 평가해 줄 수 있는 MLPI가 보다 현실에 부합되고, 지속가능한 도시의 생산성 지표로 타당하다고 할 수 있다.

둘째, 분석기간 동안 생산성 지수 변화의 원천을 알기 위해 생산성 지수를 분해한 결과 기술효율성 및 기술변화가 진보한 것으로 나타났는데 이것은 우리나라 도시들이 생산공정상의 기술 및 사회 시스템 등이 바람직한 산출물을 늘이고, 비소망재를 감소시키는 방향으로 변화해왔다는 것을 의미한다. 앞으로는, 비소망재를 고려한 생산성 지표를 이용하여 부가가치(+) 증대와 오염물질(-) 저감에 대한 동시적이고 지속적인 관심을 가져야 할 것이다.

셋째, 비소망재를 줄이면서 생산성을 증대시킨 주요 도시는 부산시, 대구시, 인천시, 광주시, 울산시와 기타 도시로는 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상남도, 제주도 총 10개 도시로 나타났다.

넷째, 기타 도시의 생산성은 주요 도시에 비해 MPI는 작았고 MLPI는 컸으며 $MLPI > MPI$ 였다. 이는 오염물질을 고려하면 기타 도시가 주요 도시보다 생산성 성장이 높다는 것이다. 즉, 주요 도시들이 비소망재를 줄이면서 생산성을 증대시키지 못하였다. 주요 도시에 어느 정도 집적불경제가 나타난다는 이론에 부합한다. 그러나 비수도권과 수도권을 반대 양상을 보였다. 즉 수도권의 생산성은 비수도권에 비해 MLPI, MPI 모두 높았고 그 차이는 근소했으며 $MLPI > MPI$ 였다. 이는 오염물질을 고려하면 수도권이 비수도권보다 생산성 성장이 높다는 것이다. 이것은 2011년 이후 삶의 질, 웰빙에 대한 국민들의 전반적인 인식이 향상됨에 따라 정부의 친기업적인 환경정책이 비판을 받으면서 오염물질 배출 규제를 보다 미시적으로 강화한 「환경정책기본법」 시행의 영향을 어느 정도 받았다고 볼 수 있다. 그러나 여전히, 집중 및 과밀화가 심한 수도권 지역 중 핵심이라 할 수 있는 서울시와 경기도는 $MPI > MLPI$ 로 나타나 정책 효과는 아직까지 미지수라 할 수 있다.

다섯째, 정부는 「수도권대기환경개선에 관한 특별법」을 제정('03. 12) 및 시행('05. 1)하여 대기오염이 심각하다고 인정되는 지역 및 수도권지역의 대기오염배출물질 배출량 저감 대책을 추진해 오고 있다. 그러나 해마다 자동차 급증, 증가된 산업 활동, 인접 국가의 오염물질 유입에 따라 PM10, NOx 등으로 인한 문제들은 개선되지 않고 있어 보다 실질적인 정책 처방이 필요할 것으로 보여진다.

끝으로, 본 연구의 학문적인 시사점은 다음과 같다. 식품자원경제의 한 부분인 식품제조업 생산성 측정을 위하여 대기오염물질인 비소망재를 고려한 보다 대안적인 방법론을 실험적으로 적용해 보이고, 공식통계 및 유관통계의 이용 및 연결성을 요구할 수 있는 기회를 제공하였다. 즉, 현황 파악 수준에 머무르고 있는 식품제조업 분석틀을 벗어나 환경경제와 경영 분야에서 주로 적용되고 있는 루엔버거-맘퀴스트 수리적 프로그래밍(mathematical programming)을 실시 및 적용하여 외부불경제 요소인 비소망재를 고려한 보다 현실에 가까운 생산성 측정을 본 연구에서 시도하였다는 것이다. 그리고 자료 구득의 어려움을 극복하기 위해서 시간과 비용이 많이 드는 1차 자료에 의존하기 보다는 다소 신뢰성은 떨어지지만 기존의 2차 자료인 공식 및 유관통계의 횡적 연결을 고려함으로써 이후 연구자들에게 통계자료의 수집, 접근, 이용, 파악, 개선의 기회를 제공하는 연구를 수행하였다는 점이다. 무엇보다도 이러한 측면에서 본 연구에 대한 중요한 의미를 부여할 수 있을 것이다.

본 연구의 한계 및 향후 과제는 다음과 같다.

첫째, 정상재의 투입·산출물 자료는 통계청의 2008~2013년 동안의 광업·제조업 조사 자료에 의존하였는데, 해당 기간의 조사와 입력 후 공표의 갭(gap)으로 일부 지역은 세부자료들이 시계열적으로 값이 누락되었다. 이 때문에 자료의 정합성이 높은 식품제조업으로 연구 대상을 확장 변경함에 따라

식품제조업 각각의 세부자료에 대한 분석이 수행되지 못하였다.

둘째, 비소망재 산출자료는 환경부 산하 국립환경과학원의 2008~2013년 동안의 대기오염배출물 조사 자료에 의존하였는데 해당 기간의 조사와 입력 후 공표의 갭(gap)으로 최근 자료(광업·제조업 조사의 경우 2014년까지 공표되어 있으나 오염물 산출자료 2013년까지 공표되어 있음)의 입수가 곤란하여 2014~2015년 추세가 반영되지 못하였다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 통계자료의 정시성, 접근성, 비교성을 높일 수 있도록 통계청이나 유관기관에 지속적인 품질 개선을 요청하여 시대의 흐름에 맞는 조사항목의 통합과 세분화 작업이 우선적으로 선행되어야 할 것이다. 그리고 이를 통해 향후에는 보다 많은 DMU의 확보, 일정 지역의 다수 식품제조업체 또는 전국 소재 식품제조업체가 가진 투입·산출자료, 직·간접적인 바람직스럽지 않은 재화 등의 세부자료를 적용하여 보다 관련성이 높고, 현실에 부합하는 정확한 분석이 수행되어야 할 것이다.

◆ 참고문헌 ◆

-국내문헌-

- 강상목, 2003, “환경제약을 고려한 기술효율 및 생산성에 관한 연구”, 「경제학연구」, 제51집 제1호.
- 강상목·김은순 2002, “환경규제와 기술제약-한국지역제조업을 중심으로,” 「자원·환경경제연구」, 제11권 제3호, pp.345~365.
- 공성용 외, 2014, 「초미세먼지(PM2.5)의 건강영향 평가 및 관리정책 연구 I,II」, 한국환경정책·평가 연구원.
- 김미숙 외, 2007, “오염물질 배출량을 고려한 도시 생산성 변화”, 「국토계획」, 제42권 2호, pp.69~83.
- 김동규, 2004, “OECD 24개국들의 생산성 변화 및 요인분석”, 건국대학교 석사학위논문
- 김영희 외, 2005, “Malmquist 생산성 지수를 이용한 종합전문요양기관의 생산성 변화 분석”, 병원경영학회지, 제10권, 제4호, pp.51-74.
- 김정연, 2005, “DEA를 이용한 생명보험사의 효율성과 생산성 측적연구”, 이화여자대학교 석사학위논문, p.26.
- 김종천 외, 2010, “수산물 도매업의 생산 효율성 평가에 관한 연구”, 수산경영론집, 제41권 제3호, pp.21~44.
- 박만희, 2008, 「효율성과 생산성 분석」, 한국학술정보.
- 박철형·최치훈, (2012). DEA를 이용한 수산양식업 효율성 비교분석에 관한 연구, 한국도서학회, 24(1), 33-49.
- 신의순, 2005, 「한국의 환경정책과 지속가능한 발전」, 연세대학교 출판부.
- 이강우 외, 2010, 「EXCEL 2007 경영과학」, 대명.
- 이근제 외, 2007, “도시지역 생산성 성장 및 수렴 요인분석”, 「경제학연구」, 제55집 제2호, pp.147~176.
- 이광수·이민원, 1996, “환경을 고려한 지역경제의 성장평가”, 「환경경제연구」, 제5권 제1호, pp.143~188.
- 이정전, 2000, 「환경경제학」, 박영사,
- 오승은, 2001, “지방공역개발사업의 효율성 분석에 관한 연구”, 한국지방자치학회보, 제13권 제1호, pp.125-139.
- 오현진, 2001, “DEA모형에 의한 정보통신기업의 성과평가에 관한 연구”, 경기대학교 박사학위논문, p.30.
- 유금록, 2002, “외환위기 이후 지방상수도사업의 생산성 변화분석”, 한국행정학보, 제36권 제4호, pp.281-301.
- 이기영, 2009, “DEA를 이용한 HACCP 도입의 효율성 분석, 부경대학교 석사학위논문

- 이경화, 2008, “DEA 모형을 이용한 수산물 산지시장 효율성 분석”, 부경대학교 석사학위논문
- 이선영, 2007, “국내 수산물 소비시장의 지역별 가격결정구조에 관한 연구”, 부경대학교 박사학위논문,
- 이연식, 2003, “DEA 방법을 이용한 우리나라 철도산업의 경쟁력 비교연구”, 서울산업대학교 석사학위논문, p.18.
- 유동운, 1992, 「환경경제학」, 법문사.
- 원구환, 2006, “지방공기업 생산성 분석”, 지방정부연구, 제10권 제4호, pp.41-61.
- 정영근 외, 2008, “OECD 국가의 환경-경제효율성 비교”, 한 「자원·환경경제연구」, 제17권 제1호, pp.121~146.
- 장철호, 2008, "DEA/Window와 Malmquist 생산성 지수를 이용한 효율성 분석: 농수산물공영도매시장을 중심으로", 농업경영·정책연구 제35권 제4호, pp.778-808.

-외국문헌-

- Banker, R. D., A. Charness and W. W. Cooper, 1984, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management Science*, 30, pp.1078-1092.
- Caves, D. L. Christensen and Diewert, E., 1982, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity", *Econometrica* 50, pp.1393-1414.
- Chung Y. H., R. Fare and Grosskopf S., 1997, “Productivity and Undersirable Outputs : A Directional Distance Function Approach”, *Journal of Environmental Magagement*, 51, pp.229~240.
- Charnes and w.w. Cooper, 1985, “Sensitivity and Stability Analysis in Dea”, *Annals of Operations Research*, 2, pp.139~156.
- Coelli Tim, Rao D. S. Prasada, Battese George E., 1998, “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis”, Kluwer Academic Publishers
- Duffy-Deno, Kevin T., 1992, “Pollution Abatement Expenditures and Regional Manufacturing Activity”, *Journal of Regional Science*, Vol.32, pp.419~436.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K. and C. Pasurka, 1989, “Multilateral Productivity Comparison When Some Outputs are Undesirable : A Nonparametric Approach”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.71, No.1, pp.90~98.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., and Zhang, D., 1994, “Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries”, *American Economic Review*, 84, pp.66-83.

- Fare, R., Grosskopf, S., Pasurka, Jr. Carl A., 2001, "Accounting for air pollution emission in measures of state manufacturing productivity growth", *Journal of regional science*, Vol.41, No.3, pp.381~409.
- Farrell, M.J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol.120, No.3, pp.253~290.
- Fitzsimmons, J. A., and Fitzsimmons, M. J., 1994, "Service Management for Competitive Advantage", McGraw-Hill, New York, pp.1~462.
- Garofalo G., D. M. Malhotra, 1995, "Effect of Environmental Regulations on State-Level Manufacturing Capital Formation", *Journal of Regional Science*, Vol.35, pp.201~206.
- Kaneko Shinji, Managi Shunsuke, 2004, "Environmental Productivity in China", *Economics Bulletin*
- Kumar S., 2006, "Environmentally sensitive productivity growth : A global analysis using Malmquist-Luenberger index", *Ecological Economics*(article in press)
- Parkan, CI and Wu, M. L. 1999, "Measuring the performance of operations of Hong Kong manufacturing industries", *European Journal of Operational Research*, 118(2), pp.235-258.
- Paascoe, S and Herrero, I. 2004, "Estimation of a composite fish stock index using data envelopment analysis", *Fisheries Research*, Vol.69, No.1, pp.91-105.
- Ray, C and Bhadra, D., 1993, "Nonparametric Tests of Cost Minimizing Behavior", *Journal of American Agricultural Economics*, 75, pp.990-999.
- Weber, W. and Domazlicky, B., 2001, "Productivity Measurement and Pollution in State Manufacturing", *Review of Economics and Statistics*, Vol.83, pp.195~199.
- Yoruk B. K., Zaim Osman, 2005, "Productivity growth in OECD countries : A comparison with Malmquist indices", *Journal of Comparative Economics* 33, pp.401~420.
- Zaim, O. and Taskin F., 2000, "Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD : A non-parametric approach", *Journal of Environmental Management*, 58, pp.95~107.

-기타-

통계청, 통계포털시스템, kosis.kr, 「광업·제조업조사」, 2008~2013.

국립환경연구원, 대기정책시스템, airemiss.nier.go.kr, 「대기오염배출량 조사」 2008~2013.

한국보건산업진흥원, khidi.or.kr 「식품 산업 동향조사」, 2008~2013.