



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](#)

경제학석사 학위논문

초월대수 비용함수 추정을 통한
KLEM 요소간 대체성 연구



2015년 2월

부경대학교 대학원

경제학과

조헌주

경 제 학 석 사 학 위 논 문

초월대수 비용함수 추정을 통한
KLEM 요소간 대체성 연구

지도교수 하 봉 찬

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함.

2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

경 제 학 과

조 헌 주

조헌주의 경제학석사 학위논문을 인준함.

2015년 2월



위원장 경제학박사

김종호



위원 경제학박사

김진웅



위원 경제학박사

하봉찬



<목 차>

제 1 장 서론	1
제 2 장 선행연구	4
2-1. 국내연구	4
2-2. 해외연구	5
제 3 장 분석모형	8
3-1. 초월대수함수(Translog Function)	8
3-2. 생산구조 분석방법	11
제 4 장 모형의 추정과 검정	17
4-1. 추정방법	17
4-2. 자료의 구성	20
4-3. 추정결과	21
제 5 장 실증분석 결과	28
5-1. 생산요소간 대체탄력성 계측(에너지요소 중심)	28
5-2. 자기가격탄력성 및 교차가격탄력성 계측(에너지요소 중심)	36
5-3. 선행연구와의 비교	42
제 6 장 결론	44
참고 문헌	46

<표 목차>

<표 4-1> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(전체산업).....	25
<표 4-2> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(제조업).....	26
<표 4-3> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(서비스업).....	27
<표 5-1> 알렌편대체탄력성(전체산업).....	28
<표 5-2> 알렌편대체탄력성(제조업).....	30
<표 5-3> 알렌편대체탄력성(서비스업).....	32
<표 5-5> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(전체산업).....	36
<표 5-6> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(제조업).....	37
<표 5-6> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(서비스업).....	39



<그림 목차>

[그림 1-1] 한국 전체산업의 생산요소별 가격 변화 추이.....	1
[그림 1-2] 한국 전체산업의 생산요소별 비용점유율 변화 추이.....	2
[그림 5-1] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(전체산업).....	33
[그림 5-2] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(제조업).....	34
[그림 5-3] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(서비스업).....	34
[그림 5-5] 요소수요의 자기가격탄력성(전체산업).....	41
[그림 5-6] 요소수요의 자기가격탄력성(제조업).....	41
[그림 5-7] 요소수요의 자기가격탄력성(서비스업).....	42



국문 초록

본 연구는 한국 제조업과 서비스업의 생산구조를 실증적으로 분석하여 제조업과 서비스업의 생산구조가 시간에 따라 어떻게 변화하였는지를 분석한 연구이다. 이를 위해 1970년부터 2011년 까지의 산업별 데이터를 바탕으로 생산요소를 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 원재료(M), 4가지로 구성된 초월대수비용함수(translog cost function)의 파라미터를 추정, 이 추정된 파라미터를 근간으로 에너지와 타 요소간의 대체성 및 보완성을 계산하였다.

1970년부터 2011년 기간을 전체기간으로 하여 분석하였으며, 기간별 차이를 고려하여 1970년부터 1985년 기간을 1구간(중화학공업 육성 및 석유파동기간), 1986년부터 1996년 기간을 2구간(3저 호황 및 경제안정화시기), 1997년부터 2011년 기간을 3구간(외환위기 이후 기간)으로도 나누어 분석하였다. 이 구간들은 1, 3구간은 에너지 가격 상승기간이고, 2구간은 에너지 가격 하락 및 안정화 시기와 맞물린다.

전체 기간에 제조업을 대상으로 에너지와 타 요소간의 대체탄력성을 추정한 결과, 에너지-자본 간, 그리고 에너지-노동 간에 보완관계가 나타났고 에너지-원재료간에는 대체관계가 나타났다. 이는 우리나라의 전체 산업과 동일한 결과인데 이로써 우리나라 전체 산업의 생산구조와 제조업의 생산구조는 매우 유사한 생산구조를 가지고 있음을 알 수 있었다.

전체 기간에 서비스업을 대상으로 에너지와 타 요소간의 대체탄력성을 추정한 결과, 에너지-자본, 에너지-노동 간에는 대체관계가 나타났으며, 에너지-원재료 간에 보완관계가 나타났다. 이는 제조업과 상반된 결과인데, 제조업은 에너지 사용적인 생산구조가, 서비스업은 에너지 절약적인 생산구조를 가지고 있다는 것으로 해석할 수 있다.

제조업과 서비스업 모두 에너지-원재료 간의 대체성이 확인되었는데, 에너지가격 변동시 에너지와 원재료간의 대체로 대응해왔음을 이 연구를 통해 실증적으로 확인하였다.

A study on the KLEM factor substitutability using translog
cost function

Cho Hun Joo

Department of Economics, the Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

The purpose of our study is to analyze the production structure of Korea and to review how it has been changed over time. For this analysis, we have estimated the parameters of translog cost function with four types of production factors(capital, labor, energy and raw materials) during the period of 1970~2011. Also, based on these parameters, we have calculated the elasticities of substitutability between energy and other factors.

We have divided the whole period into 3 subperiods in order to find the differences in factor substitutability over time; Subperiod 1(1970-1985, The period of heavy chemical industry development and oil crisis), Subperiod 2(1986-1996, The period of three low prosperity and economic stabilization), and Subperiods 3(1997-2011, The period after the Asian currency crisis). The energy prices increased rapidly in the Subperiod 1 and 3, while it was stabilized in the Subperiod 2.

We have found the substitute relationship between energy and raw materials in the manufacturing/service industry as well as the entire industry, although we have not determined the consistent relationship between other factors.

The implications of these results for substitute/complementary relationship between production factors are considered.

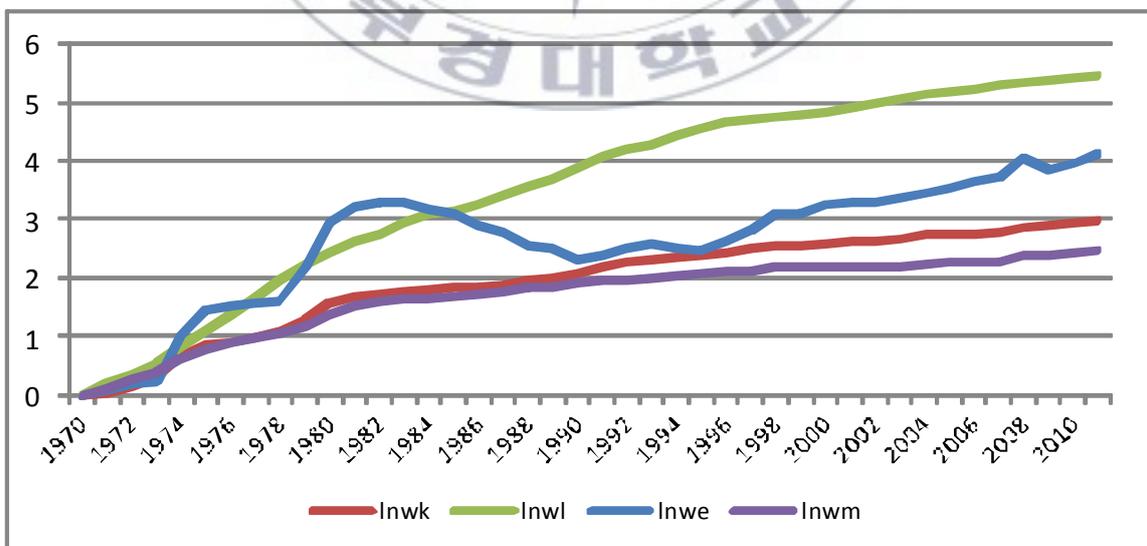


제 1 장 서론

본 연구는 1970년~2011년의 기간 동안 한국의 전체산업과 제조업, 서비스업의 생산구조를 실증적으로 분석하여 각 산업별 생산요소간 대체 및 보완관계를 분석하는데 그 목적이 있다.

산업을 이루고 있는 각기 다른 개별 기업은 어떠한 생산요소들을 투입하여 주어진 생산기술을 가지고 최종생산물을 만들어 소비자에게 공급하는 일을 한다. 그 생산요소는 크게 자본, 노동, 원재료를 들 수 있다. 이러한 행동에서 기업은 각 생산요소를 얼마만큼 분배하여 투입해야 최적화된 생산을 할 수 있는지 지속적인 의사 결정을 할 것이다.

자본의 노동에 대한 상대가격이 상승하는 경우 기업 의사 결정권자(생산자)는 자본을 노동으로 대체할 가능성이 높는데, 이 때 자본과 노동 사이의 대체탄력성은 자본의 노동에 대한 상대가격이 1% 상승할 경우 자본의 노동에 대한 투입량의 상대적인 비율이 어느 정도 감소하는지를 나타낸다.



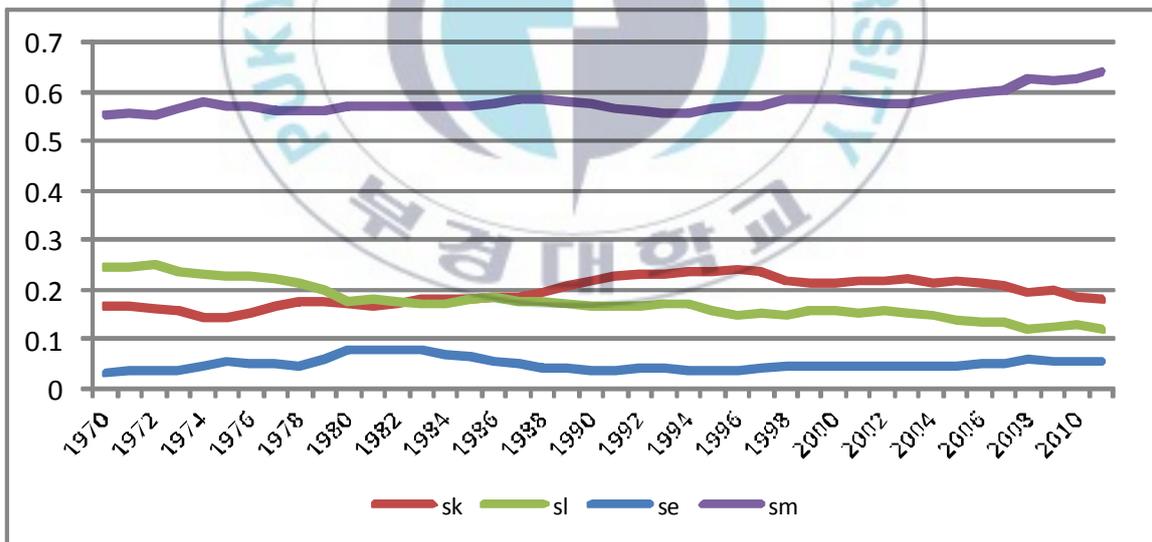
주) lnwk: 자본가격의 로그값, lnwl: 노동가격의 로그값, lnwe: 에너지가격의 로그값, lnwm: 원재료가격의 로그값

[그림 1-1] 한국 전체산업의 생산요소별 가격 변화 추이)

일반적인 총산출 생산함수에서 생산요소는 크게 자본(capital), 노동(labor), 원재료(material)로 나뉘는데, 본 연구에서는 이 요소들 중 원재료를 원재료(material)와 에너지(energy)로 구분 하였다. 그 이유는 [그림 1-1]에서 나타났듯이 에너지 요소의 가격 움직임이 원재료요소의 가격움직임과는 다르기 때문이다.

[그림 1-1] 은 자본, 노동, 에너지, 원재료의 가격 변화(1970년 가격=1)를 나타낸 그래프인데. 에너지가격변화가 다른 생산요소와 비교해보면 다른 움직임을 보이는 것을 알 수 있다. 다른 생산요소의 가격들은 1970년부터 2011년까지 꾸준히 상승하였는데, 에너지요소의 가격은 1970년~1985년 기간은 가격이 상승하는 국면, 1986년~1996년을 가격이 안정화 되는 국면, 1997년은 가격이 다시 상승하는 국면이었음을 알 수 있다.

하지만 각 생산요소별 비용점유율 변화는 가격의 움직임과 비교하여 상당히 안정적으로 변화하고 있음을 그림 [1-2]에서 살펴볼 수 있다.



주) sk: 자본비용 점유율, sl: 노동비용 점유율, se: 에너지비용 점유율, sm: 원재료비용 점유율

[그림 1-2] 한국 전체산업의 생산요소별 비용점유율 변화 추이²⁾

1) 한국은행 '산업연관표(1970-2011)', 통계청 '임금구조 통계조사', 한국은행 '고정자본형성' 으로부터 계산

2) 한국은행 '산업연관표(1970-2011)', 통계청 '임금구조 통계조사', 한국은행 '고정자본형성' 으로부터 계산

위 그림들에서 알 수 있듯 한국 전체 산업에서는 원재료의 가격은 상대적으로 작게 변화하고 가장 큰 점유율을 가지고 있고, 에너지가격은 상대적으로 변화 폭이 큰데, 점유율은 가장 작으면서 상대적으로 안정적이다. 달리 말해 에너지 사용액 측면에서는 안정적으로 투입을 하고 있는 행위를 하고 있다는 것으로 해석된다. 주로 에너지 대신에 다른 생산요소를 사용하는 방식을 생각해 볼 수 있는데, 자본을 추가로 투입하여 에너지를 덜 사용하는 기계를 산다거나, 아니면 원재료를 투입하여 다른 기업으로부터 중간재를 사는 것, 또는 노동으로 그 에너지를 대체하는 방법이 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 한국의 전체산업의 초월대수비용함수를 추정하고, 추정된 파라미터를 이용하여 에너지요소의 가격상승, 하락, 재상승국면의 기간동안의 생산요소간 대체성을 분석하여 한국의 전체산업의 생산요소 간 대체가 어떤식으로 이루어 졌는지, 그리고 경제규모가 성장함에 있어 각 생산요소를 더 사용했는지, 아니면 절약했는지 아니면 타 요소 간 대체를 통해 경제적 효율성을 확보했는지에 대한 질문에 해답을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 경제학에서 생산구조를 분석했던 기존연구들을 국내와 국외로 구분하여 2장에서 제시를 하고, 초월대수함수 및 생산구조 분석방법에 대해 3장에서 살펴보고, 4장에서는 모형의 추정방법 및 자료의 구성 그리고 추정결과를 제시한다. 그 결과로부터 추정된 각 구간별 대체탄력성 및 자기가격 탄력성을 5장에서 살펴본 뒤, 6장에서 연구결과를 정리하도록 하겠다.

제 2 장 선행연구

2-1. 국내연구

한국 제조업의 생산구조를 에너지 수요를 고려하여 분석한 기존연구로는 신의순(1983), 최정표(1987), Kim and Labys(1988), 이달석(2001), 김지효(2009)등이 있다. 이들 연구를 간단하게 살펴보도록 하겠다.

신의순(1983)은 초월대수 비용함수를 추정하여, 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 요소간의 대체성, 보완성을 분석하였다. 1973년~1978년도의 시계열 데이터를 사용하였고, 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 3가지요소를 생산요소로 가정한 초월대수 비용함수를 추정하여 분석한 결과, 에너지-노동, 자본-노동 간에는 대체관계가 존재한다고 나타났고, 에너지-자본 간에는 대체관계와 보완관계가 혼재한다는 결과를 제시하였다.

최정표(1987)는 신의순(1983)이 가정한 3가지(에너지, 자본, 노동)생산요소와는 달리, 원재료(M)요소를 추가하여 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 원재료(M) 4가지 생산요소를 고려한 초월대수 비용함수를 추정하였다. 자본요소를 고정요소로 가정하고 나머지 노동, 에너지, 원재료 요소를 가변요소로 가정을 하였다. 데이터는 1968년부터 1984년까지의 시계열 데이터를 사용하였고, 기술변수를 시간추세로 적용하여 모형에 포함시켰다. 그 결과 원재료-에너지, 원재료-자본, 원재료-노동 간에는 대체관계가 나타났으며, 에너지-자본, 에너지-노동, 자본-노동 간에는 보완관계가 나타났다고 하였다.

Kim and Labys(1988)은 자본(K), 노동(L), 에너지(E) 3가지 요소를 생산요소로 가정한 초월대수 비용함수를 추정하였는데, 앞선 연구와는 다른 특이점은 집계 에너지 함수(aggregate energy function)를 이용하여, 석탄, 석유, 전력 간의 대체 및 보완관계도 확인하였다는 점을 들 수 있다. 이렇게 1960년~1980년까지의 시계열 데이터를 사용한 결과 제조업 부문에서 에너지-자본, 자본-노동 간에는

대체관계가 에너지-노동 간에는 보완관계가 나타났다. 그리고 석유, 석탄, 전력 간에는 모두 대체관계가 존재하는 것으로 나타났다.

이달석(2001)은 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 원재료(M) 4가지 생산요소를 고려하여 한국 제조업과 그리고 그 하위 개념이라 할 수 있는 경공업, 중공업의 생산구조를 분석 하였다. 데이터는 1970년부터 1993년까지의 시계열 데이터를 사용 하였고, 시간추세의 변화에 따라 기술변화의 영향을 고려하였다. 초월대수 비용함수의 파라미터를 SUR모형으로 추정하였고, 그 파라미터를 바탕으로 대체관계 및 보완관계를 밝혔다. 에너지 요소를 중심으로 그 결과를 도출한 결과, 에너지-자본, 에너지-원재료 간에는 대체관계가 나타났으며 에너지-노동 간에는 보완관계가 나타났다. 그리고 추가적으로 에너지 수요의 증가요인을 분석하였는데, 주로 비에너지 요소에 의한 대체로 그 수요가 완화되어가고 있으며, 기술변화는 에너지 수요 변화에 영향을 크게 미치지 않는다고 하였다.

김효정(2009)은 한국 제조업의 생산구조를 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 원재료(M) 4가지로 고려하여 초월대수 비용함수와 Generalized Leontief 비용함수를 추정하였다. 보다 더 설명력이 뛰어난 함수 형태를 알아내기 위함인데, 1970년부터 2005년까지의 데이터를 가지고 추정한 결과 초월대수 비용함수가 Generalized Leontief 비용함수보다 더 적합한 비용함수인 것을 밝혔다. 그리고 생산요소간의 대체성 및 보완성 분석결과 에너지-자본, 에너지-노동 간에는 보완관계가 존재하고 자본-노동, 원재료-타요소 간에는 대체관계가 존재하는 것으로 밝혔다.

2-2. 해외연구

1970년대 이후 초월대수함수(Translog fuction) 등 신축적인 함수형태가 개발되어 생산요소간 대체성에 관한 연구가 본격적으로 이루어지기 시작하였다. 그러던중 Berndt and Wood(1975)가 Translog fuction을 이용하여 미국제조업의 생산구조를 분석한 이래로, 비용함수를 통해 제조업의 생산구조를 분석한 많은 연구들이 진행되었다. 본 연구에서는 여러나라의 제조업의 생산구조에 대한 선행 연구 사례를 검토하였다.³⁾

3) 해외연구사례는 에너지를 생산요소로 포함하지 않더라도 다양한 생산요소들을 가지고 연구하였기 때문에 연구사례로 제시하였다.

미국

미국의 제조업을 비롯한 여러 산업의 생산구조에 대한 연구는 Berndt & Wood(1975), Griffin & Gregory(1976) 등이 대표적이며 그 이후 많은 연구결과가 있다.⁴⁾

그 중 Feng and Serletis(2008)은 1953년부터 2001년까지의 자료를 바탕으로 에너지, 자본, 노동, 원재료를 생산요소로 가정하여 미국 제조업의 생산구조를 분석하였다. 그리고 Translog 함수, Generalized Leontief 함수, Normalized Quadratic 함수, Asymptotically Ideal 함수 중 경제학·계량경제학적인 정규성 측면에서, Normalized Quadratic 함수와 Asymptotically Ideal 함수가 우수함을 밝혔다. 생산구조 분석결과, Normalized Quadratic 함수를 적용하면, 에너지-노동, 에너지-원재료, 자본-노동, 자본-원재료가 대체관계에 있으며, 에너지-자본, 노동-원재료 간에는 보완관계가 나타난다고 밝혔다. 한편 Asymptotically Ideal 함수를 적용하면, 에너지-자본, 에너지-원재료, 자본-노동, 노동-원재료가 대체관계에 있으며, 에너지-노동, 자본-원재료가 보완관계가 나타난다고 밝혔다.

캐나다

캐나다 제조업의 생산구조를 분석한 대표적인 연구로는 Woodland(1975)의 연구가 있다. Woodland(1975)는 1946년부터 1969년까지의 자료를 바탕으로 기반구조(structure), 장비(equipment), 노동(labor)을 생산요소로 가정하여 캐나다 주요 산업의 생산구조를 분석하였다. Generalized Leontief 함수로 분석한 결과⁵⁾, 장비-기반구조는 보완관계, 노동-기반구조, 노동-장비는 대체관계가 나타난다고 분석하였다. 또한 각 요소 가격 변화에 대한 노동 수요의 탄력성은 모두 1보다 작아

4) Berndt & Wood(1975)는 미국 제조업의 1947~71년 자료를 바탕으로 에너지·자본·노동·원재료 등으로 구성된 생산함수를 가정하고 이와 쌍대관계에 있는 비용함수를 추정하여 에너지와 자본간에 보완성이 존재한다고 밝혀냈고, Griffin & Gregory(1976)는 Berndt & Wood(1975) 분석결과를 자료와 추정방법을 달리하는 연구들에 의해 재검토될 필요가 있다고 주장하면서 ‘에너지-자본간의 보완성 논쟁’ 시작되었다.

5) Woodland(1975)는 동조성과 기술중립성의 귀무가설을 기각하였으므로, 비동조성과 기술변화의 영향을 반영한 Generalized Leontief 함수로 연구를 진행하였다.

비탄력적인 것으로 분석하였다.

스웨덴

Parks(1971)는 1870년부터 1950년까지의 스웨덴 제조업의 요소수요가 요소가격 변화에 미치는 영향을 연구하였다. 농업부문에서 생산된 원재료(A), 제조업에서 사용된 교통 서비스(T), 수입된 원재료 및 제조업에서 사용된 상업 서비스(IC), 노동(L), 자본(K)를 생산요소로 정의하였다.⁶⁾ Parks(1971)는 규모의 경제(비동조성)와 기술변화에 가정을 달리하며 총 3가지 형태의 Generalized Leontief 함수를 추정하여, 비동조성과 기술변화를 동시에 고려하는 Generalized Leontief 함수가 스웨덴의 제조업 생산구조를 가장 적합하다고 밝혔다. 그 결과 원재료-상업 서비스, 원재료-노동, 교통 서비스-노동, 상업 서비스-노동, 노동-자본, 상업 서비스-자본 간에는 대체관계가, 원재료-교통 서비스, 원재료-자본, 교통 서비스-상업 서비스, 교통 서비스-자본 간에는 보완관계가 나타난다고 밝혔다.

핀란드

Ilmakunnas and Torma(1989)는 생산요소로 자본, 노동, 전력, 원재료, 연료를 가정하고, 비동조성을 고려한 Generalized Leontief 함수로 핀란드 제조업의 생산요소간 대체관계를 분석하였다. Ilmakunnas and Torma(1989)의 연구의 차별성은 전이함수(transition function)와 더미변수(dummy variable)를 사용하여 석유파동(Oil Shock)으로 인해 핀란드의 제조업에 구조적 변화를 밝혀낸 것이다. 전이함수 모형으로 추정된 결과 석유파동 이전은 자본-전력, 자본-연료, 노동-연료 간 보완성이 존재하고 나머지 요소 간에는 대체성이 존재하였고, 석유파동 이후에는 자본-연료, 노동-연료 간에서만 보완성이 존재하였다. 더미변수 모형으로 추정된 결과는 석유파동 유무와 관계없이 자본-연료, 노동-연료 간에만 보완성이 존재한다고 하였다.

6) Parks(1971)의 연구는 원재료를 세분화하고 교통서비스와 상업서비스를 고려했다는 점에서 기존의 연구들과 차별성을 갖는다.

제 3 장 분석모형

3-1. 초월대수함수(Translog Function)

1970년대 이전까지 사용된 함수형태는 주로 1920년대 Cobb과 Douglas 에 의해 개발된 Cobb-Douglas 생산함수(CD생산함수)와 1960년대 Arrow, Chenery, Minhas, Solow 에 의해 개발된 Constant Elasticities of Substitution 생산함수(CES 생산함수) 이었다. 이들 함수들은 불변대체탄력성을 제약조건으로 하는 생산기술에 관련된 강력한 가정을 가지고 있기 때문에, 이런 제약조건으로부터 자유로운 신축적인 함수형태(flexible function)에 대한 연구가 활발히 진행되어, 1970년 초반 일반형 레온티에프함수(Generalized Leontief Function) 와 초월대수함수(Translog Function) 등의 함수가 개발되어졌다.

초월대수함수는 Christensen, Jorgenson, Lau(1971, 1993) 에 의해 소개되었 고⁷⁾, 이후에는 여러 응용적인 연구에서 이용되고 있다. 이 함수는 임의의 대수함수에 대해 테일러(Taylor) 2차 근사함수의 형태이기 때문에 신축적인 함수라고 할 수 있다. 즉 이 함수는 생산기술에 대한 어떠한 사전적인 가정을 필요로 하는 Cobb-Douglas 생산함수와 Constant Elasticities of Substitution 생산함수와는 달리 생산기술에 관해 어떠한 사전적인 가정을 필요치 않는다는 장점을 지니고 있다. 이러한 초월대수함수는 생산함수와 비용함수 등에 적용시킬 수 있다.

우선 다음과 같은 각 생산요소에 대해 연속으로 2차 미분 가능한 생산함수가 있다고 가정하자.

$$Q = f(X_K, X_L, X_E, X_M, T) \quad (3-1)$$

여기서 Q 는 총산출량, X_K 는 자본투입, X_L 은 노동투입, X_E 는 에너지투입,

7) Christensen, Jorgenson and Lau(1971), pp.255~256, Christensen, Jorgenson and Lau(1973), pp.28~45

X_M 은 원재료투입, 그리고 T 는 기술수준을 나타내는 시간변수를 의미한다.

식(3-1)은 비용최소화 원칙이 주어지고 투입요소의 가격과 산출수준이 외생적으로(exogenous) 결정된다면, 생산함수와 비용함수 간 쌍대성(duality)관계⁸⁾에 의해 다음과 같이 비용함수로 나타낼 수 있다.

$$C = C(Q, P_K, P_L, P_E, P_M, T) \quad (3-2)$$

여기서 C 는 총생산비, Q 는 총생산량, P_K 는 자본가격, P_L 은 노동가격, P_E 는 에너지가격, P_M 은 원재료가격, 그리고 T 는 기술수준을 의미한다.

다시 식 (3-2)에 관한 초월대수 2차 근사치는 다음과 같은 초월대수비용함수(Translog cost function)으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln C = & a_0 + a_Q \ln Q + \sum_i a_i \ln P_i + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \beta_{iQ} \ln Q \ln P_i \\ & + a_T T + \beta_{QT} \ln Q T + \sum_i \beta_{iT} \ln P_i T \\ & + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 \end{aligned} \quad (3-3)$$

$i, j = K, L, E, M$

식(3-3)을 생산요소의 가격 $P_i (i = K, L, E, M)$ 으로 대수편미분하면 식 (3-4)가 된다.

8) 생산함수와 비용함수가 필요한 성질을 가지고 있으면 두 함수 간에는 어느 한 함수가 주어질 때 다른 함수가 유일하게 수 간에 쌍대성이 존재한다는 것은 어느 한 함수에 포함되어 있는 모든 정보는 다른 함수에도 포함되어 있음을 의미하며, 따라서 비용함수의 설정과 생산함수의 설정은 결국 동일하다는 사실을 알 수 있다. 즉, 생산구조의 분석은 생산함수의 설정으로부터 시작할 수도 있고 비용함수의 설정으로부터 시작할 수도 있다.

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{C} = a_i + \beta_{iQ} \ln Q + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iT} T$$

$$i, j = K, L, E, M \quad (3-4)$$

쉐파드 렘마(Shephard's lemma)에 의하여,

$$\frac{\partial C}{\partial P_i} = X_i \quad (3-5)$$

여기서 X_i 는 비용을 최소화하는 i 생산요소에 대한 수요량이다.⁹⁾ 이를 식 (3-4)에 대입하게 되면,

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i X_i}{C} = S_i = a_i + \beta_{iQ} \ln Q + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iT} T$$

$$i, j = K, L, E, M \quad (3-6)$$

식(3-6)의 비용함수는 잘 정의된 생산기술을 반영하기 위하여 신고전파 생산이론에 따라 다음의 합계조건(adding up condition)과 대칭조건(symmetry condition)을 만족 시켜야 한다.¹⁰⁾

$$\sum_i a_i = 1$$

$$\sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ij} = 0$$

$$\sum_i \beta_{iQ} = 0$$

$$\sum_i \beta_{iT} = 0$$

9) Diewert(1971), pp.481~507

10) 합계제약은 비용함수가 요소가격에 1차동차라는 조건, 즉 요소수요함수가 생산요소가격에 0차동차라는 조건을, 대칭성제약은 슬러츠키(Slutsky symmetry condition)을 의미한다. 이러한 조건들을 통칭하여 정규조건(regularity condition)이라 한다.

$$\beta_{ij} = \beta_{ji}, i \neq j$$

$$i, j = K, L, E, M \quad (3-7)$$

이러한 비용함수가 설정되고 추정되면, 생산요소간 대체성, 규모의 경제성 (economies of scale)과 생산기술의 동조성(homotheticity)유무, 기술변화의 편의 (bias of technological change), 총요소생산성(total factor productivity)와 같은 생산구조의 특성이 분석 가능해진다. 11)

3-2. 생산구조 분석방법

3-2-1. 생산요소간 대체성

생산요소간의 대체탄력성(elasticities of substitution)은 등량곡선(isoquant)의 형태 또는 생산함수의 특성을 나타내는 지표로서, 등량곡선상에서 어느 한 가지 생산요소를 다른 생산요소로 대체할 수 있는 정도를 탄력성의 개념으로 나타낸 것이다. 대체탄력성은 생산함수에 의해서 직접적으로 표현 될 수 있고, 그와 쌍대관계에 있는 비용함수에 의해 간접적으로 표현이 가능한데, 실증적인 연구에서는 비용함수에 의한 정의가 많이 사용되고 있다.

생산요소가 2개인 경우, Hicks(1932)는 두 생산요소 x_1, x_2 의 대체탄력성(σ)을 산출량이 일정할 때의 두 생산요소의 한계기술대체율(marginal rate of technical substitution; f_1/f_2)의 변화율에 대한 두 요소의 결합비율(x_2, x_1)의 비로 식 (3-9a)와 같이 정의 하였다. 또한 생산자가 비용최소화행동을 한다고 가정하였을 때, 한계대체율의 요소가격의 비율(p_1, p_2)과 같아지는 시점까지 요소를 구입하게 되므로 식(3-9b)와 같이 정의 할 수 있다.

11) 이달석(1999)

$$\sigma = \frac{\partial(x_2/x_1)}{x_2/x_1} / \frac{\partial(f_1/f_2)}{f_1/f_2} \quad (3-9a)$$

$$\sigma = \frac{\partial(x_2/x_1)}{x_2/x_1} / \frac{\partial(p_1/p_2)}{p_1/p_2} \quad (3-9b)$$

식 (3-9b)에서 한 생산요소 x_i 의 가격 p_i 이 변화하고, 다른 요소 가격이 불변일 때, 요소수요량(요소투입량)의 변동을 대체효과와 비용효과의 합으로 나타낼 것이다. 여기서 대체효과는 같은 등량곡선 상에서 생산요소의 상대가격의 변화에 따른 요소사용의 변화를 나타내며, 비용효과는 실질비용의 변화에 따른 생산량의 변화가 요소구입에 미치는 효과를 의미한다. 식 (3-9b)의 대체탄력성은 생산요소의 상대가격 변화에 따른 요소결합의 변화를 나타내는 지표로 가격효과 중 대체효과를 의미한다.

두 생산요소만을 가정한 요소간 대체탄력성은 식 (3-9a)로부터 식 (3-10a)으로 정의 된다.

$$\sigma = - \frac{f_1 f_2 (f_1 x_1 + f_2 x_2)}{x_1 x_2 (f_2^2 f_{11} - 2 f_1 f_2 f_{12} + f_1^2 f_{22})} \quad (3-10a)$$

식 (3-10a)는 생산함수의 유틸리티행렬식을 이용하여 식 (3-10b)로 나타낼 수도 있는데, $|F|$ 는 생산함수의 유틸리티행렬식(Determinant of bordered Hessian matrix)을 나타내고, $|F_{12}|$ 는 유틸리티행렬의 f_{12} 원소의 여인수(cofactor)이다.

$$\sigma = \frac{f_1 x_1 + f_2 x_2}{x_1 x_2} \cdot \frac{|F_{12}|}{|F|} \quad (3-10b)$$

식 (3-10a)를 살펴보면, x_1 과 x_2 사이에 대칭적 형태를 취하고 있는 것을 알 수 있는데, 이로부터 식 (3-9a)에 나타나 있는 대체탄력성 정의식에서 (x_2/x_1) 을 (x_1/x_2) 로 (f_1/f_2) 을 (f_2/f_1) 으로 바꾸어 정의하여도 같은 결과가 되는 것을 알 수 있다. 즉, 생산요소 x_1 에 대한 x_2 의 대체탄력성 σ_{12} 와 x_2 에 대한 x_1 의 대체탄

탄력성 σ_{21} 은 같아진다. 이러한 이유에서 x_1 과 x_2 간의 대체탄력성이라고 한다.

알렌(R.G.D.Allen:1938)은 생산요소가 n 개인 경우, 요소 x_i 와 x_j 의 편대체탄력성(Allen partial elasticity of substitution)을 식 (3-11)과 같이 정의하였다.

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum f_i x_i}{x_i x_j} \cdot \frac{|F_{ij}|}{|F|}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n \quad i \neq j \quad (3-11)$$

식 (3-11)에서 $q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 이며, $|F|$ 는 생산함수의 유테헤시안행렬식(Determinant of bordered Hessian matrix)이며 $|F_{ij}|$ 는 유테헤시안행렬의 f_{ij} 원소의 여인수(cofactor)이다. 여기에 생산함수가 규모에 대한 보수불변을 가정하면 식 (3-11)은 (3-12)와 같다.

$$\sigma_{ij} = \frac{f_i f_j}{f f_{ij}} \quad (3-12)$$

식 (3-12)에서 f_i 와 f_{ij} 는 생산함수에서 생산요소에 대한 1차 및 2차 미분치이다.

한편, 알렌편대체탄력성(σ_{ij})은 통상적으로 생산량이 불변, 생산요소 x_i 의 가격 이외의 다른 요소 가격이 불변임을 가정하는 것이 일반적이다. 그러므로 알렌편대체탄력성(σ_{ij})은 생산량이 불변일 때 생산요소 x_i 의 가격이 변화함에 따라 여타 다른 요소의 사용량이 어떻게 변화하는지 알아낼수 있는 척도가 된다. 그리고 알렌편대체탄력성 또한 행렬 $|F|$ 가 대칭적이므로 $|F_{ij}| = |F_{ji}|$ 가 되고 $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ 가 된다. 또한 이 정의로 인해 탄력성 부호가 플러스(+)가 되면, 두 요소간은 대체재(substitutes)이 되게 되고, 부호가 마이너스(-)이면, 두 요소간은 보완재(complements)가 된다.¹²⁾

12) 대체재는 서로 다른 재화에서 같은 효용을 얻을 수 있는 재화를 말하며, 보완재는 두 가지 이상의 재화가 사용됨으로써 한 효용을 얻을 수 있는 재화를 말한다.

우자와(H.Uzawa:1962)는 알렌이 생산함수로부터 도출한 알렌편대체탄력성을 생산함수와 비용함수 간의 쌍대성을 이용하여 다음과 같은 식(3-13)으로 전환시켰다.¹³⁾

$$\sigma_{ij} = \left(\frac{\partial \ln(x_j/x_i)}{\partial \ln(p_i/p_j)} \right) = \frac{CC_{ij}}{C_i C_j} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad i \neq j \quad (3-13)$$

식 (3-13)에서 C_i 는 비용함수 C 를 p_i 로, C_j 는 비용함수 C 를 p_j 로 각각 편미분한 것이다.

$$C_i = \frac{\partial C}{\partial p_i}, C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial p_j}$$

알렌편대체탄력성은 비용함수 ($C = C(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n, q)$)의 생산량과 여타 다른 요소가격이 불변일 때 생산요소 j 의 가격(p_j)이 변화함에 따른 요소 i 의 사용량(x_i)의 변화량을 나타낸다. 이렇게 비용함수로부터 정의가 되어진 알렌편대체탄력성 또한 대칭성을 만족한다.

그리고 알렌편대체탄력성은 식 (3-3)에 나타난 비용함수의 파라미터들에 의한 선형관계로 다음과 같이 도출된다.

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S_i S_j} \beta_{ij} + 1 \quad (3-14a)$$

13) Allen-Uzawa 편대체탄력성은 산출량(Y)과 x_i 이외의 요소가격이 고정되어 있을 때, 생산요소 x_i 의 가격이 변화할 때, 다른 생산요소 x_i 의 사용량이 어떻게 변화하는지 보여준다. 신의순(1984), 이는 생산곡면에서 다른 요소를 일정수준에 고정시키고, 요소 x_i 와 x_j 의 투입량 변화에 의해서 형성되는 부분생산곡면에서 표현된 것이기 때문에 두 요소간의 대체가능성을 부분적으로 밖에 나타내지 못하므로, A Allen-Uzawa 편대체탄력성을 단기대체탄력성의 성질을 가진다. 김영식(1995)

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{S_i^2}(\beta_{ij} + S_i^2 - S_i) \quad (3-14b)$$

3-2-2. 가격 탄력성

비용함수에서 알렌편대체탄력성을 정의한 식 (3-13)은 쉘파드 정리를 이용하면 식 (3-15)와 같이 나타낼 수 있다. 이것으로부터 대체탄력성은 요소수요의 교차탄력성(cross price elasticities of factor demand : η_{ii}, η_{ij})을 각 요소의 비용점유율로 나눈 값과 같아짐을 알 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= \frac{C \cdot \partial x_i / \partial p_i}{x_i x_j} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i} \cdot \frac{C}{p_j x_j} = \eta_{ij} \frac{1}{S_j} \\ &= \frac{C \cdot \partial x_j / \partial p_i}{x_i x_j} = \frac{\partial x_j}{\partial p_i} \cdot \frac{p_i}{x_j} \cdot \frac{C}{p_i x_i} = \eta_{ji} \frac{1}{S_i} \end{aligned} \quad (3-15)$$

이 때문에 요소수요의 교차탄력성은 $\eta_{ij} = \sigma_{ij} S_j$ 의 관계가 성립하게 된다. 이러한 요소수요의 교차탄력성은 j 요소의 가격변화율에 따른 i 요소의 수요변화율을 의미한다. 따라서 대체탄력성에 비해 요소간 대체성에 대한 경제적 의미의 직관적인 해석이 가능하다. 그러나 교차가격탄력성은 $\eta_{ij} \neq \eta_{ji}$ 으로 알렌편대체탄력성과는 다르게 대칭성이 성립하지 않는다.

초월대수비용함수에서 요소수요의 교차가격탄력성(η_{ij}, η_{ji})과 요소수요의 자기가격탄력성(own price elasticities of factor demand : η_{ii})는 대체탄력성에 요소비용점유율을 곱하게 되면 식 (3-16a),(3-16b)과 같이 도출되어진다.

$$\eta_{ij} = \sigma_{ij} S_j = \frac{\beta_{ij}}{S_i} + S_j \quad (3-16a)$$

$$\eta_{ii} = \sigma_{ii} S_i = \frac{\beta_{ii}}{S_i} + S_i - 1 \quad (3-16b)$$

요소수요의 가격탄력성은 총요소투입량이 일정하다는 가정 아래 각각 개별 요소의 가격변화에 대응하는 수요변화를 의미하기 때문에 편가격탄력성(partial

price elasticities)의 개념을 갖는다. 그리고 수요의 가격탄력성에서도 교차가격탄력성의 부호가 플러스(+)이면 대체관계를 의미하고, 부호가 마이너스(-)이면 보완관계를 의미한다.

식 (3-16a)에서 대응되는 파라미터가 $\beta_{ij} > 0$ 이 되게 되면 교차가격탄력성은 플러스(+)부호를 가지게 되고, i 요소와 j 요소는 대체관계를 의미하게 되며, $\beta_{ij} < 0$ 이 되게 되면 교차가격탄력성은 마이너스(-)부호를 가지게 되고, i 요소와 j 요소는 보완관계를 의미하게 된다. 그리고 생산요소간 대체관계를 의미하게 되는 필요충분조건은 $-\beta_{ij} < S_i S_j$ 이다. 이와 마찬가지로 식 (3-16b)의 자기가격탄력성에서 가격 상승에 따른 수요 감소를 야기 시키는 수요의 법칙(law of demand)을 만족시키기 위해서는 마이너스(-) 부호를 가져야 하는데, 이의 필요충분조건은 $\beta_{ii} < S_i(1 - S_i)$ 이다.



제 4 장 모형의 추정과 검정

4-1. 추정방법

앞서 3장에서 설명하였듯이 초월대수비용함수와 여기에서 유도되어진 각 생산 요소의 비용방정식을 추정하여, 그 파라미터를 바탕으로 한국 전체산업의 생산구조와 요소수요의 특성을 알아낼 수 있다.

초월대수비용함수의 추정은 통상적으로는 총비용함수를 직접적으로 추정하지 않는데 이 이유는 총비용함수를 직접 추정하였을 때의 자유도(degree of freedom)문제와 추정상의 복잡성이 나타나기 때문이다. 그래서 유도된 연립방정식체계의 비용점유율방정식을 추정하고 여기에서 추정된 파라미터를 바탕으로 분석을 하게 된다.

우선 초월대수비용함수와 비용점유율방정식의 계량경제적인 추정을 위하여 식 (3-3)과 식 (3-6)의 각각의 식에 오차항(error term) μ 를 추가한다.¹⁴⁾ 여기에 비용함수가 잘 정의된 생산기술을 반영하기 위해 요소가격에 대하여 단조 증가하는 일차동차의 오목 함수라는 조건인 합계조건(adding up condition)과 대칭성조건(symmetry condition)을 부과한다. 하지만 비용함수가 가격에 대하여 반드시 단조 증가하고 오목해야 할 필요는 없는데, 비용함수의 단조성과 오목성은 생산기술과는 무관하며, 단순히 생산자의 비용최소화 행동에 대한 가정이기 때문이다.

각 생산요소의 비용점유율의 합은 1이 되어야 하기 때문에, 하나의 비용점유율방정식은 다른 비용점유율방정식의 선형함수가 되고, 연립방정식체계 내의 오차항의 공분산행렬이 특이행렬이 되어서 계량기법으로 인한 연립방정식 추정이 불가능하다. 따라서 오차항 공분산행렬의 비특이성을 보장하기 위해 요소가격들을 임의로 선택된 특정 요소의 가격으로 나누어주고, 선택된 요소의 비용점유율방정

14) 이는 비용최소화 형태에 있어서의 임의성을 허용하도록 하는 것이다.

식과 선택된 요소를 포함하는 다른 요소의 비용점유율방정식의 항(term)들은 생략을 하고 추정하여야 한다. 이런 방식을 통해 총비용함수와 함께 4가지의 비용점유율방정식중 3개의 방정식에서 파라미터가 추정되어지면 다른 3가지 방정식의 파라미터는 식 (3-7)의 합계제약조건, 대칭성제약조건을 통해 계산 되어 진다. 본 연구에서는 원재료의 비용점유율방정식(S_M)을 제외하고 에너지(S_E)· 자본(S_K)· 노동(S_L)의 비용점유율방정식을 추정하였다. 이에 따라 식 (3-3)의 총비용함수, 식 (3-6)의 비용점유율방정식을 결합하여 추정하기 위한 연립방정식체계는 식 (4-1) 이다.

$$\begin{aligned}
 \ln(C/P_m) &= \alpha_0 + \alpha_E \ln(P_E/P_m) + \alpha_K \ln(P_K/P_m) + \alpha_L \ln(P_L/P_m) \\
 &+ 1/2\beta_{EE} [\ln(P_E/P_m)]^2 + 1/2\beta_{KK} [\ln(P_K/P_m)]^2 + 1/2\beta_{LL} [\ln(P_L/P_m)]^2 \\
 &+ 1/2\beta_{EK} [\ln(P_E/P_m)] \cdot \ln(P_K/P_m) + 1/2\beta_{EL} [\ln(P_E/P_m)] \cdot \ln(P_L/P_m) \\
 &+ 1/2\beta_{KL} [\ln(P_K/P_m)] \cdot \ln(P_L/P_m) + \alpha_T T \\
 &+ \beta_{ET} \ln(P_E/P_m) \cdot T + \beta_{KT} \ln(P_K/P_m) \cdot T + \beta_{LT} \ln(P_L/P_m) \cdot T \\
 &+ 1/2\beta_{TT} T^2 + \mu \\
 S_E &= \alpha_E + \beta_{EE} \ln(P_E/P_m) + \beta_{EK} \ln(P_K/P_m) + \beta_{EL} \ln(P_L/P_m) + \beta_{ET} T + \mu_E \quad (4-1) \\
 S_K &= \alpha_L + \beta_{KE} \ln(P_E/P_m) + \beta_{KK} \ln(P_K/P_m) + \beta_{KL} \ln(P_L/P_m) + \beta_{KT} T + \mu_K \\
 S_L &= \alpha_E + \beta_{LE} \ln(P_E/P_m) + \beta_{LK} \ln(P_K/P_m) + \beta_{LL} \ln(P_L/P_m) + \beta_{LT} T + \mu_L
 \end{aligned}$$

이렇게 구성된 연립방정식에서 파라미터가 추정되어지면, 원재료의 비용점유율방정식(S_M)이 제외되기 때문에, 이로 인해 추정되지 않은 파라미터 α_M , β_{EM} , β_{KM} , β_{LM} , β_{MM} , β_{MT} , 는 합계조건과 대칭성조건에 의하여 구해진다.

한편, 본 연구에서는 초월대수비용함수의 비용점유율 ($S_i, i = K, L, E, M$) 방정식을 추정 하기 위해 SUR(Seemingly unrelated regression model) 방법론은 사용하였다.

SUR 방법론은 Zeller(1962)에 의하여 제안된 방법론이며, GLS(Generalized least square)에 의해 추정된다. 이 방법론은 외견과는 다르게 실제로는 횡단면

단위 간에 존재하는 오차항들의 상관관계를 고려하기 위해 고안된 방법이다.¹⁵⁾

SUR 방법론은 Parks(1971), Berndt and Wood(1975), 이달석(1999, 2001), 김호정(2009)등의 연구에서 비용점유율 방정식 또는 요소투입방정식을 추정하기 위해 사용되었다.

SUR 방법론은 식(4-2)과 같은 방정식을 추정하는 방법론이다. 여기에서 y_i 은 i 번째 관찰치의 $n \times 1$ vector이고, X_i 는 i 번째 관찰치의 설명변수의 $n \times k$ matrix, u_i 는 오차항의 $n \times 1$ vector를 의미한다.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & X_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} \quad (4-2)$$

이 때 교란항의 분산-공분산 행렬(variance-covariance matrix)은 식 (4-3)와 같이 나타 낼 수 있다.

$$\Sigma = E(uu') = \begin{bmatrix} E(u_1u_1') & E(u_1u_2') & \cdots & E(u_1u_n') \\ E(u_2u_1') & E(u_2u_2') & \cdots & E(u_2u_n') \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E(u_nu_1') & E(u_nu_2') & \cdots & E(u_nu_n') \end{bmatrix} \quad (4-3)$$

식 (4-2)에서 $E(u_iu_j') = \sigma_{ij}I$ 를 가정하면, 이는 식 (4-4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11}I & \sigma_{12}I & \cdots & \sigma_{1n}I \\ \sigma_{21}I & \sigma_{22}I & \cdots & \sigma_{2n}I \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1}I & \sigma_{n2}I & \cdots & \sigma_{nn}I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \otimes I = \Sigma_c I \quad (4-4)$$

15) 이종원(1994)

이를 GLS로 추정하면 계수는 식 (4-5)와 같이 구할 수 있고, 계수의 분산은 식 (4-6)과 같이 구해진다.

$$b_{GLS} = (X' \Sigma^{-1} X)^{-1} X \Sigma^{-1} y \quad (4-5)$$

$$var(b_{GLS}) = (X' \Sigma^{-1} X)^{-1} \quad (4-6)$$

4-2. 자료의 구성

본 연구는 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 원재료(M)의 4가지 요소에 대한 자료를 1970년부터 2011년도까지 42개년의 연간 시계열 자료(time series data)를 사용하여 한국의 전체산업, 제조업 및 서비스업 부문의 초월대수비용함수와 여기에서 유도된 비용점유율방정식의 파라미터를 추정하였다.

이를 추정하기 위해서는 각 생산요소의 가격지수($P_i, i = K, L, E, M$), 각 생산요소의 비용점유율($S_i, i = K, L, E, M$), 총비용(C), 총산출량(Y)에 관련된 자료와 각 생산요소의 투입량지수($X_i, i = K, L, E, M$)에 대한 자료를 새롭게 작성하였다.

자본비용(C_E)은 한국은행 『국민계정』 중 ‘경제활동별 국내 총부가가치와 요소소득’의 총부가가치에서 간접세와 피용자보수를 차감한 자료를 사용하였다. 자본가격(P_K)은 한국은행 국민계정의 총고정자본 형성의 명목 값과 실질 값을 나누어 계산하였다.

노동비용(C_L)은 서비스산업의 경우 한국은행 국민계정에서 피용자보수에 속하지 않는 고용주, 무급가족종사자들의 비중이 큰 문제점을 보완하기 위해 통계청 경제활동인구조사의 산업별 취업자수(L)와 노동부의 임금구조통계조사의 산업별 평균임금(W_L)을 곱하여 계산하였다.

중간재비용(C_M)과 에너지비용(C_E)의 경우는 한국은행 산업연관표를 사용하여

산업별로 합산하는 방식을 사용하였다. 중간재 투입 중 석탄석유제품, 전기, 가스를 에너지투입으로 하고 나머지 중간재 투입을 중간재료 하여 계산하였다. 산업연관표가 작성되지 않은 연도의 경우는 근접한 연도의 평균으로 계산하였다. 중간재가격(W_M)과 에너지가격(W_E)의 경우는 각 산업별로 산업연관표상의 투입비중을 구하고 한국은행 국민계정의 산업별 deflator를 가중평균하여 구성하였다.

산출량(Y)은 한국은행 국민계정의 산업별 실질부가가치를 사용하였다.

총비용(C)은 위에서 구한 생산요소들의 비용을 합산하여 사용하였고, 각 생산요소들의 비용점유율($S_i, i = K, L, E, M$)은 총 비용에서 각 생산요소의 비용이 차지하는 비율이다. 그리고 기술변수(T)는 추세변수(1, 2, 3..., 42)로 대신하였다.¹⁶⁾ 모형의 추정에 사용된 모든 변수들은 2005년을 1로 하여 지수화하였다.

4-3. 추정결과

본 연구는 한국 전체산업의 생산요소들 중 에너지 가격 변화가 일어나는 시점을 3가지 기간으로 나누어 각 기간의 생산구조를 분석하고자 한다. 각 기간별로 에너지 수요를 중심으로 타 요소간의 관계가 보완관계에 있는지 대체관계에 있는지를 살펴보고 우리나라의 그 당시 경제적 환경에 비추어 생산요소 간 대체 및 보완관계의 변화를 살펴보고자 하였다. 우선 각 기간의 시기와 그 기간에 우리나라의 경제적 상황을 살펴본 뒤 초월대수함수의 기간별 결과를 제시하도록 하겠다.

4-3-1. 1구간- 중화학공업육성

1960년-70년의 한국 경제는 값싼 노동력을 바탕으로 한 수출주도형 경제성

16) 기술변화의 대리변수로 추세변수를 사용하는 것은 기술이 매년 일정한 비율로 진보한다는 강한 가정을 내포한다. 이에 Lopez(1980)는 기술변화의 정도가 아닌 기술변화의 유무와 방향성을 판단하기 위해서 추세변수를 사용하는 것은 큰 문제가 되지 않는다고 논하였기 때문에 본 연구에서는 기술변화의 대리변수로 추세변수를 사용하기로 한다.

장¹⁷⁾이 이루어졌다, 1960년 초반에서 1970년도까지는 환율상승 및 고금리정책과 수입제한 등 모든 경제정책이 수출증대에 맞추어 졌고. 산업은행, 수출입은행 등 국유화 기업이 설립되었으며, 정부는 이러한 금융기관을 통해 회수한 자금을 수출증대를 위해 세제 및 금융 등 여러 가지 특혜를 주면서 수출 장려 대상 기업에게 배분하였다.

수출주도의 고도성장을 이루고 난 후 정부는 중화학공업을 선택적으로 집중하여 육성하기 시작하는데, 특히 1973년 중화학공업을 육성하기 위한 정부 정책 발표는 경제성장 전략이 수출 주도에서 중화학공업 육성으로 전환을 의미하였다. 정부가 집중적으로 육성하기를 원했던 산업은 조선, 자동차, 철강, 석유화학 등이 포함되었다. 정부 주도적으로 외국으로부터 자금을 조달하기도 하였는데, 특히 자금이 부족한 우리나라 기업들은 국제신용도가 그다지 높지 않아 정부가 지급 보증을 서는 형태로 이루어지고, 이 여파로 인해 통화가 급속도로 시장에 풀리게 되어 물가를 상승시키고 원화의 실질가치를 하락 시켜 수출산업의 어려움이 있기도 하였다.

정부의 중화학공업 육성 정책 결과 중화학공업이 국민총생산에서 차지하는 비중이 1970년 약 11.9%에서 1980년 약 26.3%까지 증가하게 된다. 특히 선박 및 철강제품의 수출이 증가하게 되고 기존의 가발 및 합판 등 경공업 수출 품목은 하락세를 걷게 되었다.

4-3-2. 2구간- 경제안정화 및 3저 호황 시대

이전 기간의 중화학공업화로 인해 악화된 경상수지를 개선하고자 다시 수출확대정책을 추진하기 시작하였다. 동시에 물가를 안정시키고, 민간주도 경제 촉진을 위해 민영화를 추진하는 등 구조조정에 주력하기 시작하는 시기이기도 하다.

정부는 물가안정 정책에 우선순위를 두게 되는데, 통화증가율을 낮추고 정부의 재정지출을 더 긴축적으로 운영하기 시작하고 정부개입을 줄여나가기 시작하는

17) 1960년대 초반에서 1970년대 초반까지는 주로 경공업위주의 수출주도형 경제성장이 이루어졌다.

방식이었다.¹⁸⁾

외국인 직접투자의 유입 제한 규제를 완화하고, 외국인 투자 관련 정책을 펼쳐 나가는등 대외개방을 본격적으로 시작하였다.

물가 안정화와 대외개방 정책의 노력으로 인해 거시경제 측면에서는 상당한 안정을 찾는 시기이다. 특히 국제금리, 국제유가, 원/달러 환율 3가지가 낮은 수준으로 소위 말하는 '3저현상'이 이시기에 있었다.

이 덕분에 대규모의 경상수지 흑자를 실현하게 되고, 두 자리 숫자의 고도 성장과 한 자리 숫자의 저물가 상승률을 기록하게 된다. 하지만 1990년대 들어 우리경제에 매우 긍정적인 영향을 미치던 3저 현상이 사라지면서 우리나라의 수출과 경제성장 역시 약간의 둔화세를 띄게 되기도 한다.

미국을 비롯한 선진국들은 우리나라 시장의 개방을 강력하게 요구하기 시작하는데, 그 결과 1990년대 중반에 이르러서 금융 분야가 상당 수준 개방 되게 이른다. 1996년에는 OECD에 가입하게 되면서 외국간 자본이동의 자율성을 크게 받아들게 된다.

4-3-3. 3구간- IMF외환위기 이후

1997년 발생한 외환위기 이후 1998년에는 경제성장률이 -6.7%로 떨어지고 실업률 또한 사상 최고로 급등하게 되고 일인당 국민소득이 1만달러 미만으로 떨어지게 되었다. 위기를 타파하기 위해 경제의 대부분에서 강력한 구조조정이 불가피 했고 이에 따라 많은 국민들이 엄청난 피해를 보는 결과를 초래한 시기이다.

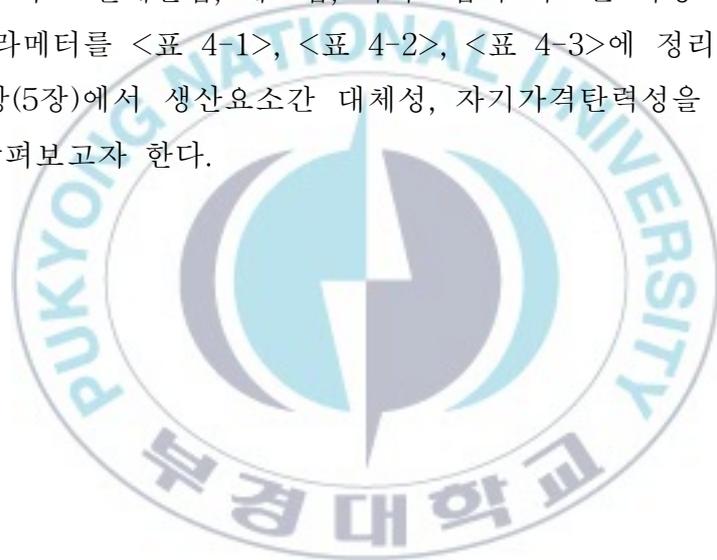
다른 한편으로는 이를 계기로 우리 산업이 부채비율 개선 및 금융권 재편성 등 새로운 경쟁력을 구비하게 되었다는 평가가 있기도 한다.

18) 특히 이전 기간(1970년대 기간)에 이루어졌던 수출기업에 대한 저금리 대출 특혜를 대폭적으로 축소시켜나갔다.

외환위기 발생이후 2008년 서브프라임 모기지 사태가 있었으나 우리나라는 비교적 빠른 기간 내에 그 영향에서 벗어난 편이기도 하지만 또 다른 경제 문제들이 있다고 판단된다.

경기가 침체되고 기업의 투자는 활성화가 되지 못하고 있다. 제조업의 주력상품의 수출은 꾸준히 확대되고 있으나 현재 원화의 고평가로 인해 국제 경쟁력이 떨어질 우려가 있으며, 게다가 제조업을 주도하는 대기업들은 중국과 베트남으로 생산기지를 이전하고 있는 추세이다. 그리고 석유, 가스 등 에너지 자원의 가격이 꾸준히 상승하고 있는 상황이다.

각 기간별, 그리고 전체산업, 제조업, 서비스업의 자료를 바탕으로 한 초월대수 비용함수의 파라미터를 <표 4-1>, <표 4-2>, <표 4-3>에 정리하였다. 이를 바탕으로 다음 장(5장)에서 생산요소간 대체성, 자기가격탄력성을 도출하고 각 기간별 의미를 살펴보고자 한다.



<표 4-1> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(전체산업)

전체산업 파라미터	전구간		1구간		2구간		3구간	
	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값
β_{EE}	0.029***	21.15	0.034***	7.24	0.027***	4.23	0.021***	6.27
β_{EK}	-0.021***	-11.26	-0.021**	-2.55	-0.016**	-2.09	-0.017***	-3.05
β_{EL}	-0.017***	-5.29	-0.025***	-3.67	0.004	0.23	-0.021**	-2.15
β_{EM}	0.010		0.012		-0.015		0.016	
β_{KK}	0.031*	1.90	-0.003	-0.08	-0.068	-1.49	-0.031	-1.59
β_{KL}	0.100***	8.77	0.095***	7.29	0.282***	4.15	0.183***	9.47
β_{KM}	-0.109		-0.072		-0.198		-0.136	
β_{LL}	-0.037**	-1.99	-0.039**	-2.14	-0.251**	-2.04	-0.054	-1.12
β_{LM}	-0.045		-0.032		-0.035		-0.108	
β_{MM}	0.144		0.091		0.248		0.227	
β_{EY}	0.037***	3.96	0.051	1.04	0.035	0.60	0.009	0.49
β_{KY}	-0.043*	-1.74	-0.183***	-2.77	-0.145*	-1.87	-0.085***	-2.85
β_{LY}	0.009	0.21	0.131	1.55	0.218	1.26	0.074	0.79
β_{MY}	-0.002		0.001		-0.108		0.002	
β_{ET}	-0.001***	-3.22	-0.002	-0.60	-0.003	-0.61	0.000	0.32
β_{KT}	-0.004***	-3.94	0.008	1.56	-0.012***	-2.31	-0.004***	-4.52
β_{LT}	-0.001	-1.01	-0.009	-1.62	0.000	0.03	-0.005	-1.49
β_{MT}	0.006		0.004		0.014		0.009	

주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

<표 4-2> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(제조업)

전체산업 파라미터	전구간		1구간		2구간		3구간	
	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값
β_{EE}	0.022***	15.94	0.029***	13.87	0.019***	7.35	0.023***	4.77
β_{EK}	-0.018***	-10.99	-0.013***	-3.40	-0.016***	-2.90	-0.013***	-2.62
β_{EL}	-0.011***	-4.89	-0.022***	-5.77	-0.001	-0.07	-0.018***	-2.86
β_{EM}	0.007		0.006		-0.002		0.008	
β_{KK}	-0.005	-0.37	0.036**	1.99	-0.084**	-2.33	-0.010	-0.88
β_{KL}	0.076***	9.39	0.056***	7.14	0.006	0.27	0.110***	12.42
β_{KM}	-0.053		-0.079		0.093		-0.087	
β_{LL}	-0.032***	-3.05	-0.022*	-1.81	0.005	0.09	-0.096***	-5.95
β_{LM}	-0.033		-0.012		-0.011		0.004	
β_{MM}	0.079		0.084		-0.080		0.075	
β_{EY}	0.006**	2.06	0.031***	7.70	-0.024**	-2.41	-0.005	-0.66
β_{KY}	0.039***	10.23	0.012*	1.82	-0.028	-1.08	0.006	0.60
β_{LY}	-0.022***	-3.82	-0.034***	-3.74	-0.059	-1.20	0.040**	2.39
β_{MY}	-0.023		-0.009		0.111		-0.040	
β_{ET}	0.000	-0.08	-0.003***	-4.56	0.003*	1.78	0.001	1.05
β_{KT}	-0.009***	-16.18	-0.005***	-3.94	0.006	1.54	-0.008***	-11.19
β_{LT}	0.004***	4.98	0.006***	3.43	0.003	0.40	0.003***	2.78
β_{MT}	0.005		0.002		-0.011		0.004	

주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

<표 4-3> 초월대수비용함수 파라미터 추정결과(서비스업)

전체산업 파라미터	전구간		1구간		2구간		3구간	
	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값	추정치	z값
β_{EE}	0.030***	18.27	0.049***	5.33	0.031***	6.17	0.025***	4.13
β_{EK}	-0.004	-1.27	-0.014	-0.72	-0.016**	-2.26	0.002	0.17
β_{EL}	0.007	1.61	-0.004	-0.31	0.025*	1.78	-0.038**	-2.49
β_{EM}	-0.032		-0.031		-0.040		0.011	
β_{KK}	-0.038	-1.30	-0.117*	-1.93	0.005	0.22	-0.176**	-2.36
β_{KL}	0.000	-0.01	0.038	1.06	0.076	1.64	0.118**	2.19
β_{KM}	0.042		0.093		-0.066		0.055	
β_{LL}	0.042	1.41	0.048*	1.77	-0.119	-1.11	0.089	1.23
β_{LM}	-0.048		-0.083		0.018		-0.170	
β_{MM}	0.039		0.021		0.088		0.104	
β_{EY}	-0.033***	-3.33	0.284*	1.90	-0.078	-1.33	0.011	0.40
β_{KY}	0.131***	3.74	-0.347	-1.15	-0.083	-0.87	-0.130*	-1.74
β_{LY}	0.015	0.34	0.000	0.00	0.603***	2.79	0.047	0.50
β_{MY}	-0.113		0.063		-0.441		0.072	
β_{ET}	0.000	0.04	-0.023**	-2.08	0.004	0.98	0.000	-0.29
β_{KT}	-0.006***	-4.30	0.027	1.19	0.005	0.84	0.003	1.03
β_{LT}	-0.005***	-2.87	-0.004	-0.26	-0.043***	-3.74	-0.005*	-1.74
β_{MT}	0.011		0.000		0.034		0.003	

주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

제 5 장 실증분석 결과

5-1. 생산요소간 대체탄력성 계측(에너지요소 중심)

초월대수비용함수에서 추정되어진 파라미터와 각 생산요소별 비용점유율의 평균치에서 계측된 알렌편대체탄력성(Allen partial elasticity of substitution)을 <표 5-1>, <표 5-2>, <표 5-3> 으로 정리 하였다. 그리고 이를 토대로 각 구간별 우리나라 산업의 생산구조의 특징을 알아보고자 한다. 특히 에너지와 타요소간의 관계가 대체관계에 있는지, 보완관계에 있는지를 살펴보고 가격상승기와 안정기에 어떠한 방식으로 효율적인 생산방식을 취해왔는지를 자세히 알아보도록 하겠다.

<표 5-1> 알렌편대체탄력성(전체산업)

σ_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체구간
σ_{EE}	-6.054	-7.323	-10.687	-7.545
σ_{KK}	-5.103	-4.989	-4.441	-3.302
σ_{LL}	-4.640	-13.676	-8.658	-5.916
σ_{MM}	-0.480	0.009	-0.037	-0.296
σ_{EK}	-1.200	-0.770	-0.607	-1.170
σ_{EL}	-1.103	1.546	-1.990	-0.984
σ_{EM}	1.366	0.367	1.563	1.344
σ_{KL}	3.722	8.618	7.089	3.903
σ_{KM}	0.241	-0.587	-0.077	0.037
σ_{LM}	0.735	0.639	-0.269	0.554

주) K : 자본, L : 노동, E : 에너지, M : 원재료

우리나라 전체산업에서 에너지수요를 중심으로 생산요소간의 관계들을 살펴보

면, 에너지-자본, 에너지-노동은 대체탄력성이 음(-)의 부호가 나타났기 때문에 보완관계에 있다.

서론의 [그림 1-1]을 보면 상대적인 에너지가격은 상승하는 추세라고 할 수 있는데, 에너지가격이 상승함에 있어 에너지가격상승을 상쇄시키는 노력이 에너지를 절약할 수 있게 하는 설비에 자본을 투자를 하거나, 노동력을 더 투입시켰다는 의미가 될 수 있겠다. 그리고 우리나라의 경제규모는 다른 나라와 비교하여 급격하게 발전하였는데, 급격한 발전을 이룸에 있어서 에너지 가격이 지속적으로 상승함에도 자본과 노동이 계속적으로 투자가 되어왔음을 의미 할 수 있다.

에너지-재료 간에는 대체탄력성이 양(+)의 부호가 나타나므로 대체관계에 있다. 이는 에너지의 재료에 대한 상대가격이 상승하는 경우 에너지를 재료로 대체해 왔음을 뜻한다. 에너지가격의 변화 흐름이 전체적으로 증가하는 추세에서 에너지요소의 상대적인 가격상승이 자본요소와 노동요소로 대체되어지지 않고 재료요소로 대체한 것은 완성품업체가 중간재형태의 제품(재료)를 구입하는 경우와 아웃소싱을 통해 에너지가격 상승 충격을 상대적으로 완화하고 있음을 암시하는 결과이다.

1구간과 3구간은 에너지-자본, 에너지-노동 간에는 보완관계가, 에너지-재료 간에는 대체관계가 나타났는데, 2구간에서는 에너지-노동 간에는 대체관계가 나타났다. 이는 에너지 가격 상승기(1, 3구간)와 에너지 가격 하락기(2구간)의 특징과 우리나라의 경제상황에 따른 차이라고 생각된다.

2구간은 '3저 호황'으로 대표되는 시기로서 저금리·저유가·저환율 3가지가 맞물린 시기인데, 자본요소는 저금리·저환율이다 보니 자본유치가 쉬워져 자동화 기계 장치, 설비, 공장투자 등이 활발하게 이루어지게 되고, 에너지요소는 저유가로 인해 다른 기간에 비해 요소투입이 수월하게 이루어 졌을 것이다. 에너지-재료 간에는 다른 기간, 전체 기간과 마찬가지로 대체성이 입증되었지만 그 크기를 비교해보면 1구간(1.366), 2구간(0.367), 3구간(1.563), 전체구간(1.344)에서 나타났듯 상대적으로 크기가 작아서 비탄력적임을 알 수 있는데, 에너지가격이 다른 기간에 비해 상대적으로 저렴한 기간이다 보니 중간재구입 또는 아웃소싱이 다른 기

간에 비해 크게 일어난 것으로 해석된다. 즉 우리나라의 전반적인 산업의 행태는 중간재 형태 또는 아웃소싱 등의 원재료 거래로 에너지가격의 변화에 대응해 오고 있다.

<표 5-2> 알렌편대체탄력성(제조업)

σ_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체구간
σ_{EE}	-7.514	-12.221	-9.925	-10.417
σ_{KK}	-5.340	-10.747	-8.311	-7.996
σ_{LL}	-15.255	-11.834	-29.762	-17.908
σ_{MM}	-0.161	-0.471	-0.185	-0.177
σ_{EK}	-1.422	-1.984	-1.321	-2.167
σ_{EL}	-4.265	0.754	-3.927	-1.958
σ_{EM}	1.149	0.915	1.221	1.180
σ_{KL}	7.993	1.647	13.676	9.652
σ_{KM}	-0.017	1.903	0.018	0.397
σ_{LM}	0.809	0.802	1.069	0.429

주) K : 자본, L : 노동, E : 에너지, M : 원재료

우리나라 제조업의 부문에서 에너지 요소를 중심으로 다른 요소간의 대체성은 전체산업과 그 부호가 일치하고 있어, 에너지 요소를 중심으로 생산구조를 파악하였을 때는 우리나라 전체산업은 제조업과 밀접한 연관이 있다는 것을 나타내고 있다. 실제로 서비스업, 농림수산업 같은 경우 에너지 사용 중심적이 아닌 산업이므로 제조업의 영향이 그대로 유지될 가능성이 높다.

에너지-재료 간에는 대체관계가 나타났다. 그 결과를 자세하게 살펴보면 전체 산업에서는 1구간은 1.366, 2구간은 0.367, 3구간은 1.563, 전체구간은 1.344 이고, 제조업에서는 1구간은 1.149, 2구간은 0.915, 3구간은 1.221, 전체구간은 1.180 으로 나타났는데 이 수치를 비교해보면, 제조업의 변화가 더 작고 안정적임을 알 수 있다.

이는 제조업에서는 에너지의 재료에 대한 상대가격이 변화해도 지속적으로 기업과 기업 간의 재료구매 형태가 일어나고 있음을 뜻하는데, 우리나라의 제조업 발전과정에서 그 원인이 있다고 생각된다. 중공업, 전자산업, 자동차산업 등 완제품생산을 중심으로 발전하여 수출주도형 경제성장을 이루는 과정에서 대기업과 중소기업 간의 거래형태가 재료구매 중심으로 이루어지고, 대기업과 대기업간의 거래형태도 철강, 원자재 등의 중간재 형태의 거래가 많이 형성되어 있기 때문에 제조업에서 에너지와 재료 간의 대체관계, 그리고 에너지 가격 변화에도 비교적 안정적인 대체탄력성을 가지고 있다고 생각된다.

에너지-노동, 에너지-자본 간에는 보완관계가 나타났다. 각각의 수치를 자세히 살펴보면, 전체산업에서 1구간에서는 -1.200, -1.103이고, 2구간에서는 -0.770, 1.546, 3구간에서는 -0.607, -1.990, 전체구간에서는 -1.170, -0.984이다. 제조업에서는 1구간에서는 -1.422, -4.265, 2구간에서는 -1.984, 0.754, 3구간에서는 -1.321, -3.927, 전체구간에서는 -2.167, -1.958이 나타났다. 전체산업과 제조업이 그 부호는 일치 하고 있으나, 탄력성 크기는 전체적으로 제조업이 크게 나타났다. 이는 제조업을 제외한 산업은 요소 간 대체탄력성이 비교적 작을 것이라는 것을 암시하는 결과이며, 제조업은 에너지 요소 가격이 상대적으로 변화할 때, 에너지 절약적인 기계를 사들이는 설비투자를 한다거나, 노동 투입을 변화하여 대응을 하고 있음을 의미한다. 우리나라의 경우 급격한 산업화와 경제성장이 있었는데, 에너지와 노동, 자본 요소의 수요가 모두 증가하였기 때문에 보완성이 나타났다는 의미도 가지고 있다.

제조업 부문에서 에너지-자본 간에 대체관계가 존재한다는 Griffin and Gregory(1976), 에너지-노동 간에 대체관계가 존재한다는 Saicheua(1986)의 결과와 비교하여 우리나라는 에너지-자본, 에너지-노동 간에는 보완관계가 있는 것으로 나타나 차이가 있음을 확인할 수 있다.

<표 5-3> 알렌편대체탄력성(서비스업)

σ_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체구간
σ_{EE}	-4.086	-7.141	-9.173	-7.232
σ_{KK}	-4.130	-2.016	-3.710	-2.650
σ_{LL}	-2.254	-5.032	-1.736	-2.509
σ_{MM}	-1.508	-1.053	-0.817	-1.322
σ_{EK}	0.480	0.155	1.149	0.807
σ_{EL}	0.845	2.801	-2.545	1.425
σ_{EM}	0.161	-0.905	1.517	-0.191
σ_{KL}	1.557	1.951	2.709	0.997
σ_{KM}	1.890	0.455	1.410	1.353
σ_{LM}	0.115	1.194	-0.946	0.467

주) K : 자본, L : 노동, E : 에너지, M : 원재료

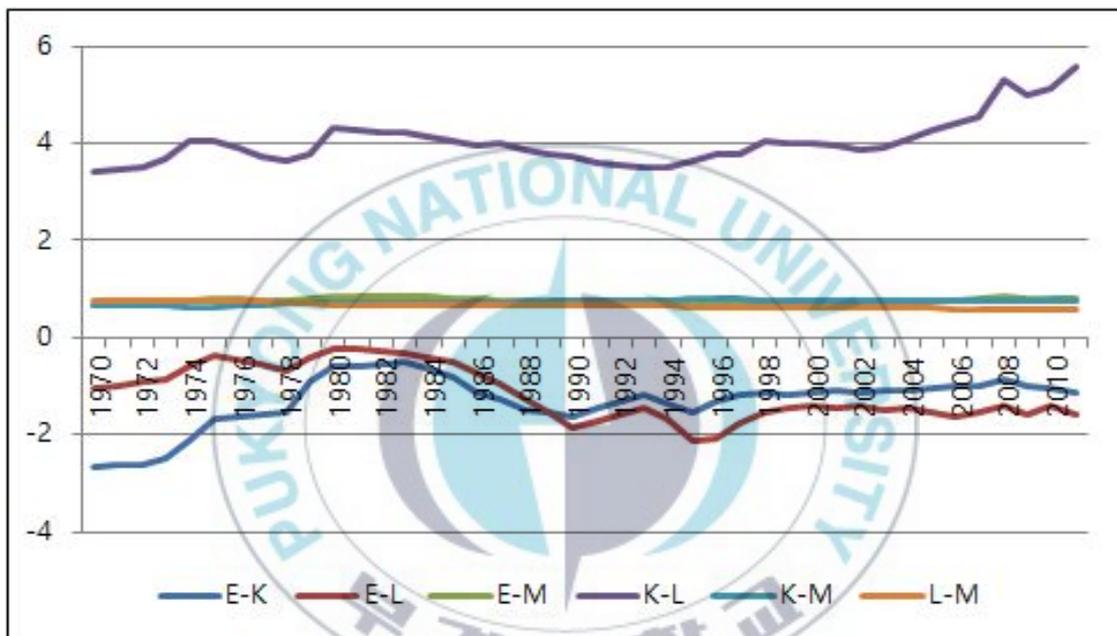
서비스업은 전체산업, 제조업과 비교해서 대체탄력성의 값이 대부분 작는데, 이것은 서비스업이 어느 특정 요소를 중심으로 사용하는 산업이 아님을 나타낸다. 이는 원재료 및 에너지를 집중적으로 사용하여 물질적인 재화를 만들어내는 제조업과는 달리 무형적 재화를 생산하는 서비스업의 특성에 의해 생산요소 투입의 유연성이 크지 않고 주로 노동투입에 의존하기 때문으로 해석된다.

전체산업과 제조업을 대체탄력성의 값을 비교하였을 때, 제조업의 대체탄력성 값이 크게 나왔는데 서비스업은 제조업에 비해서 전반적으로 낮은 값을 가지므로 서비스업이 대체탄력성 값을 완화해주는 역할을 하고 있다.

에너지와 자본 간의 대체탄력성은 양(+)¹의 값을 가지므로 에너지와 자본 간에는 대체관계에 있다. 이는 에너지 가격이 오르면 에너지 투입량을 줄이고 자본투입량을 늘린다는 의미인데, 이는 제조업과 달리 서비스업은 에너지 절약적인 생산구조가 이루어지고 있음을 의미하고, 제조업은 에너지 사용 중심적인 생산구조에 있다는 뜻이다.

3구간을 제외하고 에너지와 노동 간에는 대체관계가 존재한다. 제조업에서는 에너지와 노동 간에 보완관계가 주로 나타났는데, 서비스업은 제조업과 상반된 결과가 나타났다.

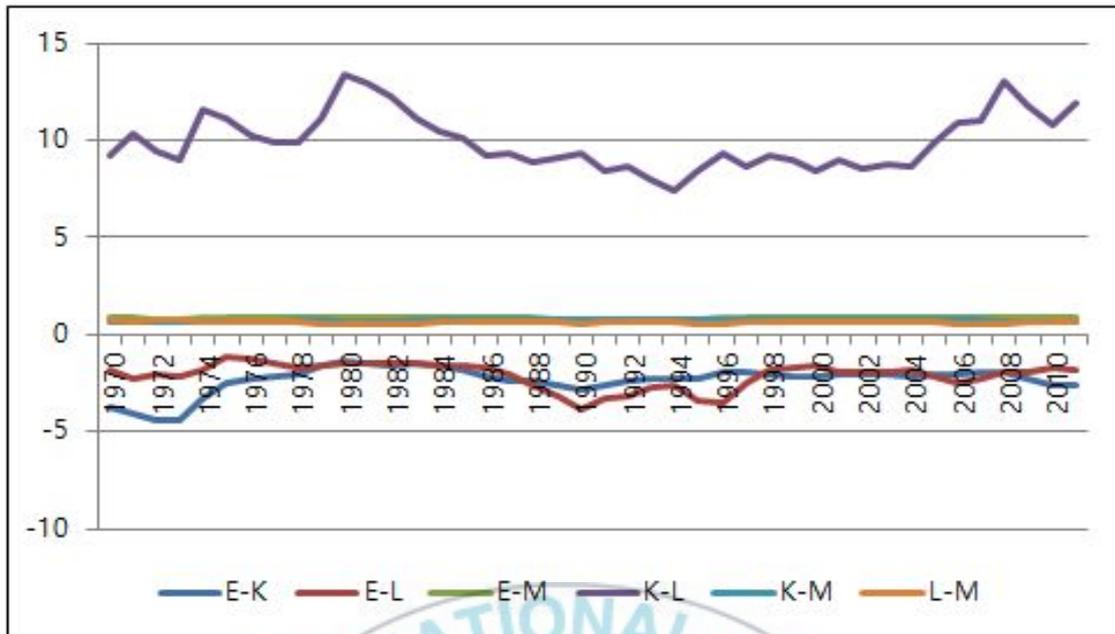
한편, 이와 같이 추정된 알렌편대체탄력성을 가지고 표본기간중의 생산요소간 대체탄력성 변화추이를 [그림 5-1], [그림 5-2], [그림 5-3]으로 나타 낼 수 있다.¹⁹⁾



주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

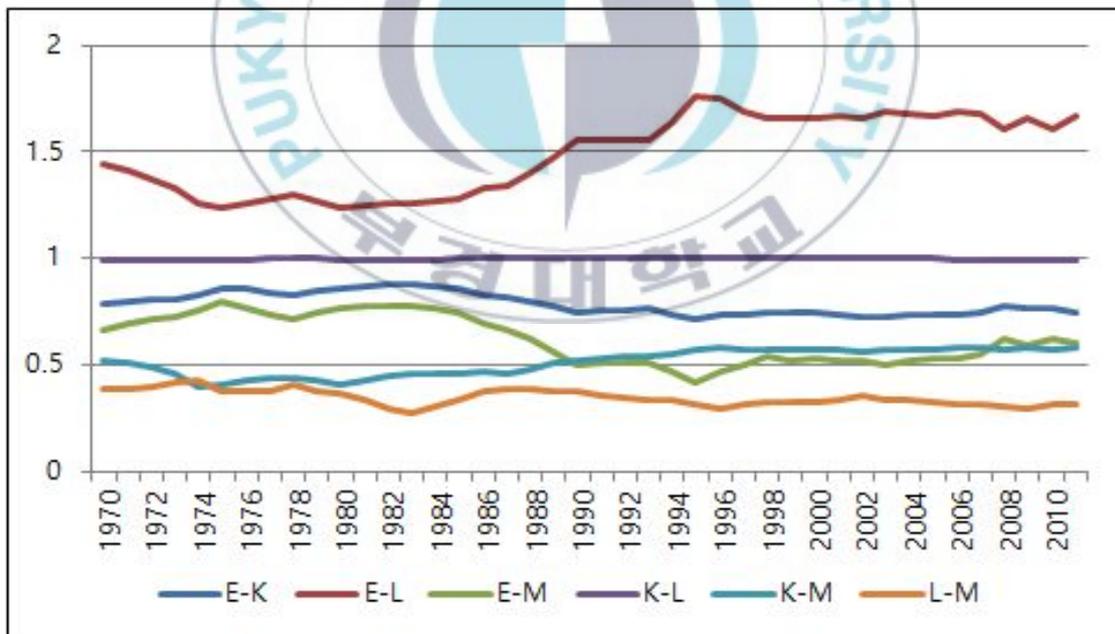
[그림 5-1] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(전체산업)

19) 초월대수함수에서 유도된 대체탄력성은 그 계측치에 사전적 제약을 두고 있는 이유에서 가변적대체탄력성(variable elasticity of substitution)이라고 한다. 즉, 초월대수비용함수는 지점 근사치(local approximation)이므로 추정된 파라메타와 비용점유율자료를 바탕으로 각각의 시점별 대체탄력성 계측이 가능하다.



주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

[그림 5-2] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(제조업)



주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

[그림 5-3] 생산요소간 대체탄력성의 변화추이(서비스업)

각각의 그림에서 K는 자본, L은 노동, E는 에너지, M은 원재료를 의미하고,

E-K는 에너지-자본사이의, E-L은 에너지-노동사이의, E-M은 에너지-원재료사이의, K-L은 자본-노동사이의, K-M은 자본-원재료사이의, L-M은 노동-원재료사이의 대체탄력성을 뜻한다.

제조업은 에너지-원재료, 자본-원재료, 노동-원재료 간에는 표본기간 동안에 상당히 안정적인데 반해 자본-노동, 에너지-자본, 에너지-노동간의 대체탄력성 값은 표본기간 동안에 상대적으로 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 하지만 시간의 흐름에 따라 증가세 또는 감소세를 보이는 특별한 추세를 발견 할수는 없다.

서비스업은 에너지와 노동 간의 대체탄력성이 추세 없이 변화하는 것이 발견 되는데 이는 제조업에 비해서는 그다지 큰 변화가 아니다.

시간의 흐름에 따른 대체성의 변화추세와 관련하여, Fuss, McFadden & Mundlak(1978)은 기술변화가 생산요소 간에 영향을 주어 대체탄력성이 상승하는 추세를 띄게 된다고 주장하였다. 그리고 Debertin, Pagoulatos & Aoun(1990)은 시간의 흐름에 따라 에너지와 자본 간에는 대체성을 증가시키는 기술변화가 있음을 실증분석을 통해 주장하였다. 기술변화에 의해 대체탄력성이 상승된다는 것은 생산자들이 요소시장 내의 충격으로 인해 발생하는 요소간의 상대가격 변화에 신속적으로 대응할 수 있음을 의미하며 바람직한 현상이라고 할 수 있다. 그러나 한국의 제조업과 서비스업의 경우 대체탄력성의 변화들이 뚜렷하게 상승하고 있다는 것이 발견 되지 않기 때문에 이들의 주장은 본 연구에서는 적용이 되지 않는다고 할 수 있다.

5-2. 자기가격탄력성 및 교차가격탄력성 계측(에너지요소 중심)

초월대수비용함수에서 추정된 파라미터와 비용점유율의 평균치에서 계측되어진 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(own and cross price elasticity of factor demand)를 <표 5-5>, <표 5-6>, <표 5-7>와 같이 정리 하였다.

요소수요의 교차가격탄력성은 j 요소의 가격변화율에 대한 i 요소의 수요변화율을 의미하기 때문에 알렌편대체탄력성에 비해 경제적인 의미의 직관적인 해석이 용이하다.²⁰⁾

먼저 자기가격탄력성을 모두 살펴보면, 에너지, 자본, 노동, 원재료의 자기가격탄력성이 모두 마이너스(-)의 값을 나타내므로 가격의 상승이 수요량의 감소를 야기하는 수요의 법칙(law of demand)을 확인 할 수 있다.²¹⁾

<표 5-5> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(전체산업)

η_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체
η_{EE}	-0.343	-0.303	-0.523	-0.376
η_{KK}	-0.850	-1.091	-0.935	-0.647
η_{LL}	-0.974	-2.313	-1.235	-1.037
η_{MM}	-0.272	0.005	-0.022	-0.171
η_{EK}	-0.200	-0.168	-0.128	-0.229
η_{EL}	-0.231	0.261	-0.284	-0.172
η_{EM}	0.774	0.210	0.934	0.778
η_{KE}	-0.068	-0.032	-0.030	-0.058
η_{KL}	0.781	1.458	1.011	0.684
η_{KM}	0.137	-0.335	-0.046	0.022
η_{LE}	-0.176	-0.019	-0.195	-0.149
η_{LK}	0.620	1.884	1.493	0.765
η_{LM}	0.417	0.365	-0.161	0.321
η_{ME}	0.077	0.015	0.076	0.067
η_{MK}	0.040	-0.128	-0.016	0.007
η_{ML}	0.154	0.108	-0.038	0.097

주) K : 자본, L : 노동, E : 에너지, M : 원재료

20) 이달석 (1999)

21) 2구간에서 원재료의 자기가격탄력성 부호가 플러스가 나와서 이 법칙에 위배된다고 주장할 수 있지만, 계측치 추정에 의한 오차라고 판단되며 실제 계측치도 0.005이므로 크게 문제 삼지 않고 연구를 계속하기로 함.

전체 산업에서는 전 기간에 걸쳐 에너지수요의 자기가격탄력성(-0.376)과 원재료수요의 자기가격탄력성(-0.171)이 상대적으로 비탄력적으로 나타났다. 전체적으로 보면 노동의 자기가격탄력성(-1.037)이 거의 단위탄력성(unit elasticity)에 가까워 다른 생산요소에 비해 탄력적이라고 할 수 있다. 자본의 자기가격탄력성(-0.647) 또한 상대적으로 탄력적이라고 할 수 있다.

이는 원재료와 에너지요소의 가격변화에 우리나라 전반적인 산업이 민감하게 대응을 하지 않는다는 것을 뜻하며, 우리나라 산업은 에너지와 재료 사용 중심적인 산업구조를 가지고 있음을 의미한다. 다른 측면으로는 노동, 자본, 원재료는 가격이 안정적으로 움직임에 비해 에너지는 상승, 하강, 재상승 국면을 가지고 있었는데, 에너지 가격 변화에 대해 민감하게 반응하지 못하므로, 타 요소로의 대체를 통해 경제적 효율성을 가지고 왔음을 의미한다. 하지만 앞서 대체탄력성을 분석하였을 때, 에너지와 원재료사이의 대체관계가 성립되었으므로, 에너지 가격 상승기에는 기업 간 중간재 형태의 거래가 활발하게 이루어졌음을 의미하기도 한다.

<표 5-6> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(제조업)

η_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체
η_{EE}	-0.401	-0.471	-0.482	-0.498
η_{KK}	-0.541	-1.474	-0.968	-0.928
η_{LL}	-1.201	-0.858	-2.215	-1.353
η_{MM}	-0.123	-0.354	-0.141	-0.135
η_{EK}	-0.144	-0.272	-0.154	-0.252
η_{EL}	-0.336	0.055	-0.292	-0.148
η_{EM}	0.881	0.688	0.928	0.897
η_{KE}	-0.076	-0.076	-0.064	-0.104
η_{KL}	0.629	0.119	1.018	0.729
η_{KM}	-0.013	1.431	0.014	0.302
η_{LE}	-0.334	-0.048	-0.288	-0.189
η_{LK}	0.809	0.226	1.593	1.120
η_{LM}	0.620	0.603	0.813	0.327
η_{ME}	0.061	0.035	0.059	0.056
η_{MK}	-0.002	0.261	0.002	0.046
η_{ML}	0.064	0.058	0.080	0.032

주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

제조업인 경우, 원재료수요의 자기가격탄력성은 -0.135로 가장 낮으며, 에너지, 자본, 노동 순서대로 커진다. 특히 자본과 노동의 자기가격탄력성은 거의 단위탄력성에 가까워 다른 생산요소에 비해 높은 탄력성을 가지고 있다. 한국제조업에서 요소수요의 가격 민감도는 자본과 노동이 에너지와 원재료에 비해 상대적으로 높음을 알 수 있다. 이는 전체 산업과 거의 비슷한 결과인데, 한국의 전반적인 산업 행태는 제조업과 매우 밀접한 관계에 있음을 나타내는 결과이기도 하다.

에너지수요의 자기가격탄력성은 구간별 변화가 거의 없다고 나타났다. 이는 석유파동 및 3저 호황, 그리고 외환위기의 영향이 에너지 가격탄력성에 큰 영향을 주지 못했음을 나타내며, 에너지 가격이 급격하게 변화해도 에너지 가격 상승에 민감하게 반응을 하지 않았음을 의미한다. 이는 우리나라 제조업이 에너지 사용 중심적이라는 것을 드러내는 결과인데, 한국 제조업이 에너지가격 변화에 대해 신축적인 에너지 투입량 조절이 어렵다는 뜻이기도 하다. 즉 에너지 가격이 적정 가격으로 안정되게 공급이 되지 않는다면, 제조업의 경제적 성장은 보장이 되지 않고, 우리나라 전체산업과 제조업의 생산구조의 밀접성에 미루어 짐작컨대 우리나라 전반적인 경제에 문제점이 될 수도 있을 것이라고 생각된다.

에너지와 자본 간에는 보완관계가 존재한다. 이 때, η_{EK} 절대값의 크기(-0.252)가 η_{KE} 의 절대값의 크기(-0.104)보다 크기 때문에 에너지 가격의 상승기에 자본 수요의 감소정도 보다 자본가격의 상승기에 에너지 수요의 감소가 더 크다.

에너지와 노동 간에는 보완관계가 존재한다. 이 때, η_{EL} 절대값의 크기(-0.148)가 η_{LE} 절대값의 크기(-0.189)보다 작다. 이는 임금가격상승기에 에너지수요 감소가 더 크다는 것을 뜻한다.²²⁾

에너지와 재료 간에는 대체관계가 존재한다. η_{EM} 의 절대값(0.897) 크기가 η_{ME} 의 절대값(0.056) 크기보다 크다. 이는 원재료가격 상승 시 원재료에서 에너지로의 대체가 활발함을 뜻한다.

22) 다른 관점에서 보면, 우리나라의 경제성장과 더불어 에너지와 노동의 수요가 동일한 패턴을 가지고 꾸준히 증가해왔다고 판단 할 수 도 있다.

<표 5-6> 요소수요의 자기 및 교차가격탄력성(서비스업)

η_{ij}	1구간	2구간	3구간	전체
η_{EE}	-0.403	-0.403	-0.460	-0.508
η_{KK}	-1.145	-0.658	-1.212	-0.815
η_{LL}	-0.558	-1.238	-0.368	-0.588
η_{MM}	-0.568	-0.391	-0.336	-0.512
η_{EK}	0.133	0.051	0.375	0.248
η_{EL}	0.209	0.689	-0.539	0.334
η_{EM}	0.061	-0.336	0.624	-0.074
η_{KE}	0.047	0.009	0.058	0.057
η_{KL}	0.385	0.480	0.574	0.234
η_{KM}	0.712	0.169	0.580	0.525
η_{LE}	-0.114	0.045	-0.228	-0.040
η_{LK}	0.431	0.636	0.885	0.307
η_{LM}	0.043	0.443	-0.389	0.181
η_{ME}	0.016	-0.051	0.076	-0.013
η_{MK}	0.524	0.149	0.460	0.416
η_{ML}	0.028	0.294	-0.200	0.110

주) K : 자본, L : 노동, E : 에너지, M : 원재료

서비스업인 경우 제조업의 가격탄력성보다 그 값이 작게 나왔는데, 이는 서비스업이 제조업보다 경직적인 생산구조를 가지고 있다는 뜻이 된다.

요소수요의 자기가격탄력성은 에너지수요의 자기가격탄력성이 -0.508로 가장 낮으며, 원재료, 노동, 자본 순으로 커진다. 이에 따라 한국 서비스업에서 요소수요의 가격 민감도는 자본이 상대적으로 높고 에너지가 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

서비스업에서도 전체 구간에 걸쳐서 에너지수요의 자기가격탄력성의 변화가 거의 없는데, 서비스업 또한 에너지가 적정가격에 안정적으로 공급이 되어야 함을 시사한다.

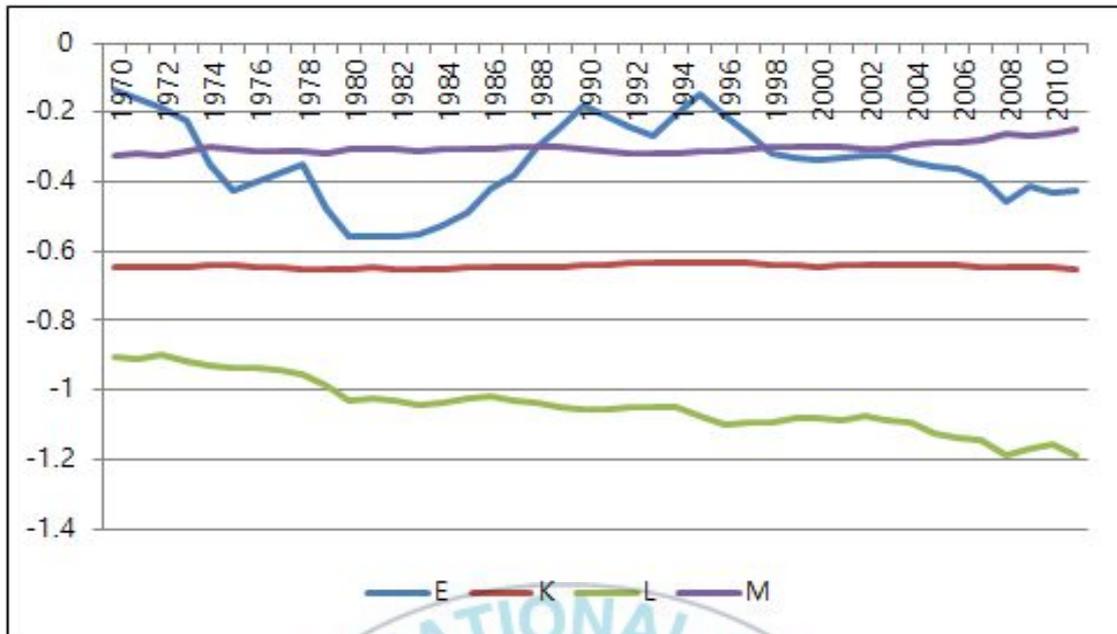
에너지와 자본 간에는 대체관계가 존재한다. 이 때, η_{EK} 절대값의 크기(0.248)가 η_{KE} 의 절대값의 크기(0.057)보다 크다. 이는 에너지가격 상승기에 에너지에서 자본으로의 대체가 활발함을 뜻한다.

에너지와 노동 간에는 대체관계가 존재한다. 이 때, η_{EL} 절대값의 크기(0.334)가 η_{LE} 절대값의 크기(-0.040)보다 크다. 이는 에너지가격 상승기에 에너지에서 노동으로의 대체가 활발함을 보여준다.

에너지와 원재료 간에는 보완관계가 존재한다. η_{EM} 의 절대값(-0.074) 크기가 η_{ME} 의 절대값(-0.013) 크기보다 크다. 이는 에너지의 수요가 상승할 때 원재료 수요가 상승하는 방향으로 요소 간 보완이 이루어짐을 뜻한다.

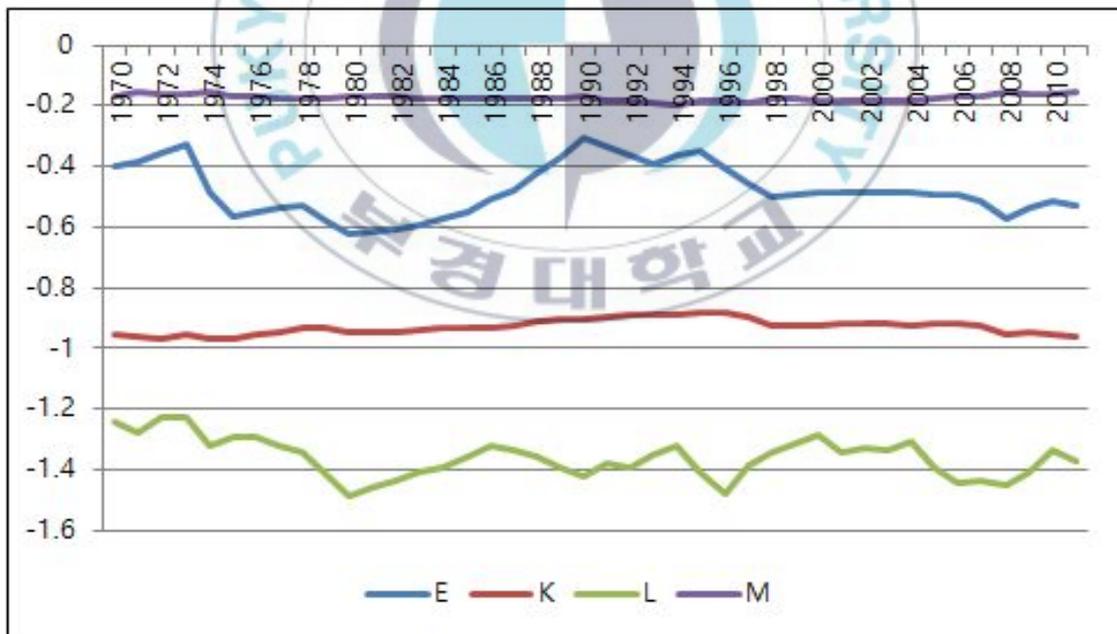
위와 같이, 한국의 전체산업과 제조업에서 에너지와 재료수요의 가격탄력성이 상대적으로 비탄력적이라는 의미는 에너지가격 변화와 원재료가격의 변화에 대해 신속적으로 각각의 투입량의 조절이 힘들다는 뜻이다. 이는 에너지를 전량 수입에 의존하는 우리나라의 경제 특정상 에너지 가격 변화에 취약점이 존재한다고 결론을 내릴 수 있는 근거가 되기도 하겠다.

그리고 <표 5-5>, <표 5-6>, <표 5-7>를 바탕으로 전체산업, 제조업, 서비스업을 대상으로 하는 요소수요의 자기가격탄력성을 표본기간 중 매 연도별로 계측하여 [그림 5-5], [그림 5-6], [그림 5-7], [그림 5-8]과 같이 정리 하였다.



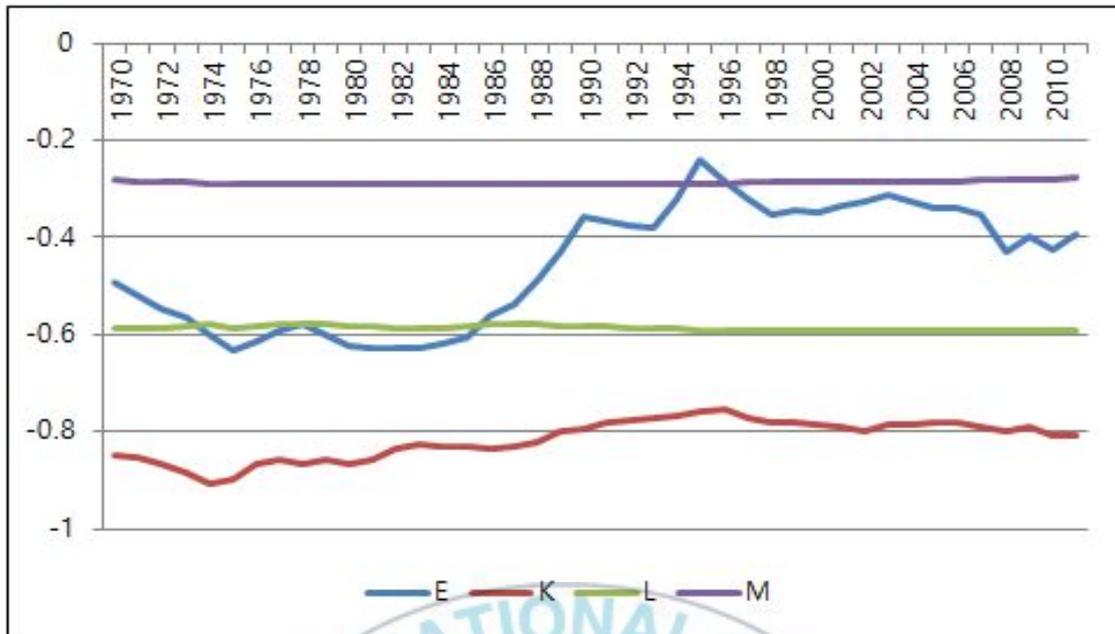
주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

[그림 5-5] 요소수요의 자기가격탄력성(전체산업)



주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

[그림 5-6] 요소수요의 자기가격탄력성(제조업)



주) K: 자본, L: 노동, E: 에너지, M: 원재료

[그림 5-7] 요소수요의 자기가격탄력성(서비스업)

전체적으로 볼 때 요소간 자기탄력성 크기는 노동이 가장 크고, 자본, 에너지, 원재료 순으로 낮아진다. 자기가격탄력성 계측 결과를 보면, 모든 생산요소 중 노동이 요소가격 변화에 가장 민감하게 반응하여, 원재료는 가장 덜 민감하게 반응한다. 그리고 자본, 노동, 원재료의 자기가격탄력성의 변화는 에너지와 비교하여 큰 변동이 없는 수준이라고 할 수 있다.

에너지의 자기가격탄력성 크기는 분석기간 동안 변동 폭이 상대적으로 심한편인데다 비탄력적인 성질을 가지고 있고, 원재료 또한 비탄력적인 성질을 가지고 있어서 우리나라의 전반적인 산업의 요소 간의 대체형태는 자본과 노동의 수요를 신축적으로 변화하는 생산구조를 짐작할 수 있다.

5-3. 선행연구와의 비교

한국 제조업의 생산구조를 분석한 연구로는 신의순(1983), 최정표(1987), 남성일(1990), 한광호·김상호(1996), 이달석(2001), 김지호(2009) 등이 있다. 이들 중

에너지를 투입요소로 고려하여 함수를 구성한 것은 신의순(1983), 최정표(1987), 김지효(2009)이다.

먼저 에너지와 자본 간의 대체 관계에 대해 본 연구결과와 선행연구 결과를 비교해 보겠다. 제조업 부문의 연구결과를 살펴보면, 최정표(1987)와 김지효(2009)의 연구결과는 에너지와 자본간은 보완관계가 있다고 나타났으나 이외의 연구에서는 대체관계에 있다고 나타났다. 본 연구에서는 최정표(1987)와 김지효(2009)의 연구결과와 일치하게 제조업 부문에서 에너지와 자본 간에 보완관계가 있다고 나타났다. 이는 자료의 한계점으로 판단되며, 에너지를 보다 더 정교하게 각기 다른 에너지원을 구성하는 방법을 고려해 보는 것이 필요하다고 하겠다.

에너지와 노동 간의 대체 관계에 대해 본 연구결과와 선행연구 결과를 비교하면, 제조업 부문의 생산구조에 대해서 최정표(1987), 이달석(2001), 김효정(2009)의 연구결과는 에너지와 노동 간에 보완관계가 존재한다고 나타났고, 신의순(1983)의 연구에서는 에너지와 노동 간에 대체관계가 존재한다고 하였다. 본 연구에서는 최정표(1987), 이달석(2001), 김효정(2009)의 연구 결과와 일치하게 제조업 부문에서 에너지와 노동 간에 보완관계가 존재한다고 나타났다.

원재료와 나머지 다른 요소 간에는 모든 선행연구와 본 연구의 결과가 일치하였는데, 원재료와 나머지 다른 요소 간에는 대체관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이 결과는 제조업의 경우 원재료 비용의 비율이 가장 크기 때문에 나머지 생산요소로 원재료 투입을 대체하는 방법이 비용을 최소화 할 수 있는 방법이기 때문이다.

제 6 장 결론

본 연구는 지난 1970년부터 2011년까지 한국 산업의 생산구조를 분석하는데 그 목적이 있다. 분석 시기는 1970년부터 2011년까지이고 분석대상은 한국 전체 산업, 제조업, 서비스업이다. 서비스업의 생산구조 분석을 시도하였다는 점에서 기존 연구와는 차별성을 가질 수 있다.

한국 산업의 생산구조를 분석하기 위해서 생산요소를 자본, 노동, 에너지, 원재료 4가지를 가정한 초월대수함수를 추정, 그 추정된 파라미터를 가지고 대체탄력성과 자기가격탄력성을 도출하였다. 1970년부터 2011년까지 분석 기간동안 에너지요소의 가격 상승기, 하락기, 재상승기 3가지로 나누어서 각기 다른 대체탄력성, 자기가격탄력성을 구해내서 에너지 가격 변동에 따른 생산구조의 변화를 찾아내었다. 그 결과를 간략히 설명하면 아래와 같다.

대체탄력성과 자기가격탄력성은 전체산업과 제조업이 거의 일치하였고 이에 따라 한국의 전체산업과 제조업의 생산구조가 밀접한 관계에 있음을 알 수 있다. 에너지-자본 간, 그리고 에너지-노동 간에는 보완관계가 존재하였다. 이는 급속한 경제성장에 의해 에너지, 자본, 노동의 수요가 같은 방향으로 계속적으로 증가하였기 때문이다. 재료와 에너지 간에는 대체관계가 나타났는데, 이는 에너지 가격 변화를 재료의 투입량을 조절하여 경제적 효율을 이루면서 발전하였음을 의미한다. 즉, 기업 간 중간재 거래형태, 아웃소싱의 형태 등을 통해 에너지 가격 변화를 극복해 나갔음을 의미하는 결과이기도 하다.

서비스업에서는 거의 모든 요소가 대체관계에 있으며, 에너지와 재료 간에 보완관계가 존재한다고 나타났다. 이는 제조업과 서비스업의 산업구조가 상이함을 드러내는 결과이기도 하다. 에너지요소 가격 상승기에 나머지 요소의 투입으로 대체됨을 의미하는데, 서비스업의 특성상 자본과 노동이 다른 요소보다 더 중요시되기 때문에 이런 현상이 나타난 것으로 판단된다.

자기가격탄력성은 모든 산업에서 상대적으로 에너지요소의 탄력성이 비탄력적

으로 나타났는데, 이는 에너지가격의 변화에 대응하여 신속적인 에너지투입의 변화가 어렵다는 것을 의미하고, 나아가 에너지가격 상승기에 그 충격을 고스란히 받게 됨을 의미한다. 대체관계에 있는 원재료요소로 그 충격을 완화하고 있는데, 중간재 거래형태의 기업, 또는 원재료사용중심적인 기업의 위기 상황과 에너지가격상승기의 위기 상황이 겹치게 된다면, 우리나라의 경제흐름에 부담이 될 수 있다.



참고 문헌

- [1] 남성일(1990), “한국제조업의 대체탄력성과 노동수요탄력성 : Translog 비용 함수에 의한 추정”, 경제학연구, 제 38집, 제 2호, pp 359-384
- [2] 신의순(1983), “한국 제조업의 에너지, 자본, 노동요소간 대체성에 관한 연구”, 연세농촌, 제 20집, pp 129-147
- [3] 신의순(1984), “대체탄력성 개념의 발전과 측정에 관한 고찰”, 산업과 경영, 제 21권, 제 1호, 연세대학교 산업경영연구소, pp 141-161
- [4] 이달석(1999), “한국 제조업의 생산구조와 에너지요소수요간 대체와 기술변화의 영향”, 명지대학교 박사학위논문
- [5] 이달석(2001), “한국 제조업의 에너지수요 변화요인에 관한 연구”, 경제학연구, 제 49권, 제 2호, pp 87-110
- [6] 이명현(1997), “한국 제조업에 대한 환경규제의 파급효과 분석 : 생산성 및 요소 수요를 중심으로”, 경제학연구, 제 45집, 제 3호, pp 3275-3287
- [7] 최정표(1987), “한국과 대만의 제조업 부문 생산구조 비교”, 한국경제연구, 제 1집, 제 1호, pp 73-92
- [8] 통계청(1970-2011), 광공업통계조사보고서, 임금구조통계조사
- [9] 한광호·김상호(1996), “한국 제조업의 생산요소 수요구조 : 생산기술, 요소의 수요탄력성 및 대체탄력성 추정”, 경제학연구, 제 44집, 제 3호, pp 131-161
- [10] 한국은행(1970-2011) ‘국민계정’, ‘산업연관표’
- [11] Allen, R. G. D.(1983), Mathematical Analysis for Economists, London : Macmillan
- [12] Berndt, E. R and D. O. Wood(1975), “Technology, prices, and derived demand for energy”, The Review of Economics and Statistics, Vol. 57, No. 3, pp 259-268
- [13] Binswanger, H. P.(1974), “A cost function approach to the measurement of elasticities of factor demand and elasticities of substitution”, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 56, No. 2, pp 377-386
- [14] Christensen, R. G, Jorgenson, D. W and L. J. Lau(1971), “Conjugate duality and transcendental logarithmic production function”, Econometrica, Vol. 39, No. 4, pp 255-256

- [15] Feng, G. and A. Serletis(2008), "Productivity trends in U.S. manufacturing : Evidence from NQ and AIM cost functions", *Journal of Econometrics*, Vol. 142, pp. 281-311
- [16] Griffin, J. M. and P. R. Gregory(1976), "An intercountry translog model of energy substitution responses", *American Economic Review*, Vol. 66, No. 5, pp 845-857
- [17] Ilmakunnas, P. and H. Torma(1989), "Structural change in factor substitution in Finnish Manufacturing," *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 91, No. 4, pp. 705-721
- [18] Parks, R. W.(1971), "Price responsiveness of factor utilization in Swedish manufacturing, 1870-1950," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 53, No. 2, pp. 129-139
- [19] Kim. B. C. and W. C. Labys(1988), "Application of the translog model of energy substitution to developing countries : the case of Korea", *Energy Economics*, pp 313-323
- [20] Saicheua, S.(1986), "Input substitution in Thailand's manufacturing sector," *Energy Economics*, Vol. 9, No. 1, pp. 55-63
- [21] Shephard, R. A.(1953), *Cost and Production Function*, Princeton University Press
- [22] Uzawa, H.(1962), "Duality principles in the theory of cost and production", *International Economics Review*, Vol. 55, pp 291-299
- [23] Woodland, A. D(1975), "Substitution of structures, equipment and labor in Canadian production", *International Economics Review*, Vol. 16, No. 1, pp 171-187
- [24] Yuhn, J. H.(1991), "Economic growth, technical change biases, and the elasticities of substitution : a test of the De La Grandville hypothesis", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 73, No. 2, pp 340-346
- [25] Zellner, A. (1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 57, No, 298, pp 348-368