



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](#)

경제학석사학위논문

한국 농업의 지역별 생산성 계측 및 변화
요인 분석:

Lowe 지수를 이용한 비모수적 추론을 바탕으로

2021년 2월

서울대학교 대학원
농경제사회학부 농업·자원경제학 전공
이지영

한국 농업의 지역별 생산성 계측 및 변화 요인 분석:

Lowe 지수를 이용한 비모수적 추론을 바탕으로

지도교수 권 오 상

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함

2021년 01월

서울대학교 대학원

농경제사회학부 농업·자원경제학 전공

이 지 영

이지영의 석사 학위논문을 인준함

2021년 01월

위 원 장 김현석 (인)
부 위 원 장 권오상 (인)
위 원 유도일 (인)

국문초록

한국 농업의 지역별 생산성 계측 및 변화 요인 분석:

Lowe 지수를 이용한 비모수적 추론을 바탕으로

서울대학교 대학원

농경제사회학부 농업·자원경제학 전공

이지영

한국은 반세기 동안 공업화 위주의 급격한 성장을 거두었으나, 농업부문 경쟁력은 상당 부분 뒤처져 왔다. 농업의 성장이 지속 가능한 국가경제 발전에 한 축을 담당하고 있는 만큼, 농업부문 성장을 제고하기 위한 방안을 모색할 필요가 있다. 이를 위해 우선되어야 할 부분은 우리나라 농업 전체의 생산성을 정확히 계측하고 그 변동 원인을 파악하는 것이다.

이번 연구에서는 2003~2017년 동안 우리나라 9개 지역(경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주)을 대상으로 우리나라 농업의 총요소생산성을 계측하고, Lowe 지수에 해당하는 효율성 지표를 이용하여 지역별 총요소생산성 변동 원인을 파악하고자 한다. 이를 위해 먼저 9개 지역별로 톱크비스트 지수를 이용하여 산출물 5개 지수(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)와 투입물 4개

지수(자본, 노동, 토지, 중간재)를 구축한다. 이렇게 구축된 산출물과 투입물을 바탕으로 Lowe 지수를 이용하여 지역별 총요소생산성을 구축하고 수익성 지수와 교역조건 지수를 계산한다. 다음으로, 위에서 도출한 5개의 산출물과 4개의 투입물을 바탕으로 선형계획법을 이용하여 산출물거리함수와 투입물거리함수를 추정하며, 이를 이용하여 최대 총요소생산성, 기술효율성, 혼합효율성, 규모효율성 등 다양한 효율성 지표를 도출한다. 이후 분석 기간을 세 기간(2003~2007년, 2008~2012년, 2013~2017년)으로 구분하여, 기간별 Lowe TFP 지수의 변화율을 위에서 제시한 효율성 지표들의 변화율로 분해함으로써 총요소생산성의 변화 요인을 더욱 면밀하게 분석한다.

분석 결과, 2003~2017년 수익성 지수의 성장에는 총요소생산성보다는 교역조건이 증가가 더 큰 영향을 끼친 것으로 나타났다. 2003~2007년 총요소생산성의 성장에는 최대 총요소생산성 이외의 나머지 지표들이 큰 영향을 미쳤다. 해당 기간에는 강원 지역이 낮은 총요소생산성 성장이 두드러지는데, 이는 강원 지역의 낮은 혼합효율성 성장이 큰 영향을 끼친 것으로 드러났다. 한편, 2008~2012년과 2013~2017년에는 최대 총요소생산성의 감소가 총요소생산성의 감소에 가장 큰 영향을 끼친 것으로 파악되었다.

주요어 : Lowe 지수(Lowe index), 총요소생산성(Total factor productivity), 기술효율성(Technical efficiency), 혼합효율성(Mix efficiency), 자료포락분석(DEA), 톨크비스트 지수(Törnqvist index)

학 번 : 2018-22720

< 목 차 >

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 절 선행연구	3
제 3 절 연구의 내용 및 방법	6
제 4 절 논문의 구성	7
제 2 장 툰크비스트 지수	8
제 1 절 이론적 배경	8
제 2 절 산출물 지수 도출	10
제 3 절 투입물 지수 도출	13
1. 분석 자료	13
2. 자본(K)	13
3. 노동(L)	15
4. 토지(A)	17
5. 중간재(M)	18
제 3 장 Lowe 지수를 이용한 생산성 및 효율성 분해	19
제 1 절 이론적 배경	19
제 2 절 분석 모형	21
1. 총요소생산성 지수 구축	21

2. 산출물 기준 효율성지표와 총요소생산성 분해	24
3. 투입물 기준 효율성지표와 총요소생산성 분해	30
제 4 장 분석 결과	36
제 1 절 지역별 총요소생산성 지수 구축	36
1. 총 산출지수	36
2. 총 투입지수	37
3. 총요소생산성 지수 구축	43
4. 교역조건 지수와 TFP 효율성지표 구축	46
제 2 절 효율성지표의 도출과 총요소생산성 분해	50
1. 산출물 기준 효율성지표 분석	50
2. 투입물 기준 효율성지표 분석	60
제 5 장 요약 및 결론	71
참 고 문 헌	74
부 록	78
Abstract	83

< 표 목차 >

<표 2-1> 산출물 지수 품목군 구분 및 세부 품목	11
<표 2-2> 산출물 지수 해당 코드	12
<표 2-3> 투입물 지수(K, L, A, M) 세부 품목	13
<표 2-4> 자본 세부품목별 감가상각률	15
<표 4-1> 연평균 총요소생산성 변화율	44
<표 4-2> 기간별 총요소생산성 변화율	45
<표 4-3> 지역·연도별 <i>TFPE</i>	48
<표 4-4> 지역별 수익성, 교역조건, 총요소생산성 효율성지수 연평균 변화율	49
<표 4-5> 지역별 연평균 산출물 기준 효율성지표	50
<표 4-6> 연평균 산출물 기준 효율성지표 분해	55
<표 4-7> 기간별 산출물 기준 효율성지표 변화율(%)	58
<표 4-8> 지역별 연평균 투입물 기준 효율성지표	60
<표 4-9> 연평균 투입물 기준 효율성지표 분해	66
<표 4-10> 기간별 투입물 기준 효율성지표 변화율(%)	68

< 그림 목차 >

<그림 1-1> 농림업 생산지수 및 생산금액(1965~2017년)	1
<그림 2-1> 노동 턴크비스트 지수 구축 도해	16
<그림 3-1> 산출물 기준 효율성지표 개념(단일 산출물)	26
<그림 3-2> 산출물 기준 효율성지표 개념(다산출물)	27
<그림 3-3> 투입물 기준 효율성지표 개념(단일 투입물)	32
<그림 3-4> 투입물 기준 효율성지표 개념(다투입물)	33
<그림 4-1> 지역별 총 산출지수	37
<그림 4-2> 지역별 총 자본지수	38
<그림 4-3> 지역별 총 노동지수	39
<그림 4-4> 지역별 총 토지지수	40
<그림 4-5> 지역별 총 중간재지수	41
<그림 4-6> 지역별 총 투입지수	42
<그림 4-7> 지역별 총요소생산성	43
<그림 4-8> 지역별 교역조건 지수	46
<그림 4-9> 지역별 산출 기술효율성	51
<그림 4-10> 지역별 산출 규모효율성	52
<그림 4-11> 지역별 산출 혼합효율성	52
<그림 4-12> 지역별 잔여 혼합효율성	53
<그림 4-13> 지역별 산출 잔여 기술효율성	53
<그림 4-14> 지역별 투입 기술효율성	62
<그림 4-15> 지역별 투입 규모효율성	62
<그림 4-16> 지역별 투입 혼합효율성	63
<그림 4-17> 지역별 투입 잔여 규모효율성	63
<그림 4-18> 지역별 투입 규모 혼합효율성	64

< 부표 목차 >

<부표 1> 미국 튀크비스트 수량지수(2003=1)	78
<부표 2> 식량작물 튀크비스트 수량지수(2003=1)	79
<부표 3> 채소류 튀크비스트 수량지수(2003=1)	80
<부표 4> 과일 및 특작 튀크비스트 수량지수(2003=1)	81
<부표 5> 축산 튀크비스트 수량지수(2003=1)	82

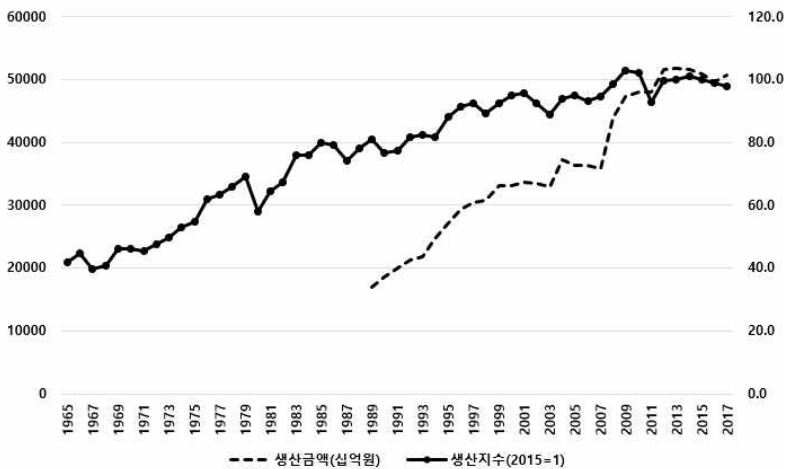
제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

한국은 지난 반세기 동안 급격한 성장을 이룩해 왔다. 그러나 공업화 위주의 수출주도형 성장 정책은 상대적으로 한국의 농업부문 경쟁력이 뒤처지게 되는 결과를 초래하였다. 1965년부터 2017년까지 실질 국내총생산은 연평균 7.3%대 성장률을 보인 반면, 동 기간 농림어업부문은 연평균 2.2%대 성장률에 그쳐 평균적으로 3.3배의 성장률 차이를 보여주었다. 이를 통해 한국이 고속 성장하는 동안 농업부문이 나머지 산업들과 비교하였을 때 부진한 성장을 해왔음을 유추할 수 있다. <그림 1-1>은 농림축산식품부의 농림생산지수 및 농림업 생산금액으로, 농림생산지수는 기준 연도인 2015년 생산액을 가중치로 하여 가중산술평균한 라스파이레스 지수로 도출된다.

<그림 1-1> 농림업 생산지수 및 생산금액(1965~2017년)

(농림축산식품부 제공 자료 재가공)



한국 농업의 낮은 경쟁력은 OECD에서도 지적한 바 있다. 2018년 OECD의 국가별 농식품 검토보고서에서는 한국 농업을 생산성 측면에서 분석하고 있다. 해당 보고서에서는 농업이 한국경제에서 차지하는 비중이 감소하고 있음에도 불구하고, 농업부문이 국토의 20%와 취수량의 50%를 사용하고 있음에 주목하였다. 또한, 한국의 집약적인 농업 특성으로 인한 과도한 비료 투입을 지적하였다. 요컨대 생산액 대비 투입량, 즉 수입 대비 비용이 많이 든다는 점이 농업부문의 경쟁력을 낮추는 주요 원인 중 하나라는 것이다.

이처럼 한국 농업 경쟁력 제고를 위해서는 산출물 대비 농지, 노동력, 비료 등 투입물을 최소화하는 것이 하나의 방법이 될 수 있다. 한국의 경우 특히 경지나 에너지 등 농업에 활용될 수 있는 자원이 특히 부족하므로 이러한 접근이 더욱 유효할 것으로 기대된다.

한편 농업부문의 자원이 효율적으로 투입되고 있는지 그 여부와 정도를 알아보기 위한 농업의 생산성 계측은 국가기관뿐 아니라 학술 분야에서도 계속 진행되었다. 그러한 연구의 하나로, 박춘성·이광훈(2012)은 한국 농업 부문의 총요소생산성을 계측하고 성장회계 분석을 통해 농업 부문 성장의 요인을 분석한 바 있다. 황수철 외(2014)는 한국 농업 산출자료 시계열 추계를 통해 1955~2012년간의 한국 농업 성장과정을 수량적으로 규명하였다. 또한 황수철·유리나(2014)는 톤크비스트 지수를 사용하여 1955~2012년에 걸친 한국 농업의 총요소생산성을 계측함으로써 한국 농업의 성장을 파악하고자 하였다. 한편 권오상 외(2015)에서는 농업 투입물을 자본, 노동, 토지, 중간재로 구분하고 이를 지수화한 뒤 생산성을 계측·분석하였다. 농업의 발전이 지속가능한 국가경제의 발전에 한 축을 담당하고 있는 만큼, 농업 생산성을 면밀히 계측하여 농업부문의 자원이 효율적으로 투입되고 있는지 그 여부를 확인하는 일은 상당히 중요한 작업이라고 할 수 있다. 그리하여, 이번 논문에서는 지역별 단위의 농업 생산성 계측을 통해 한국 농업 전체의 생산성을 분석하고자 한다. O'Donnell(2012b)의 방법론을 이용하여, 기술효율성과 규모효

율성만이 도출되는 생산성 요소 분해 방식에서 나아가, 산출물 또는 투입물 조합의 효율성을 평가하는 혼합효율성 역시 분석에 포함시키고자 한다. 이는 해당 방법론으로 단일 작목만을 대상으로 한 농가의 생산성을 분해한 기존의 연구(성재훈·추성민, 2019)와 달리, 전체 농업 산출물을 포괄하여 생산성 분석 및 분해를 시도한다는 점에서 의의가 있다.

제 2 절 선행연구

농업 생산성과 관련된 국내 연구는 크게 모수적 접근과 비모수적 접근으로 분류할 수 있다. 모수적 접근으로 생산성을 분석하는 방법론 중 하나로 확률경계 접근법(stochastic frontier)이 있다. 농업 분야에서는 안동환 외(1999)에서 확률경계 접근법을 통해, 확률적 요인을 부분적으로 제거하여 한국 쌀 농업의 생산성 변화를 계측하고 이를 요인별로 분해한 바 있다. 한편 강혜정(2013)은 확률경계 투입물거리함수(stochastic frontier input distance function)을 추정하여 복합영농의 생산기술 특성을 분석하였다. 유영봉(2015)은 한국 농업의 성장을 지역별로 검토하고, 이를 바탕으로 한국 농업의 생산함수를 Cobb-Douglas 함수, trans-log 함수, 확률경계함수로 추정한다. 한편 박호정·양승률(2016)은 베이지안 확률경계모형을 사용하여 친환경재배가 딸기 및 토마토 재배의 생산효율성에 미치는 영향을 실증 분석하였다.

비모수적 접근으로 농업 생산성을 분석한 연구 역시 국내에서 활발하게 이루어지고 있다. 초기의 연구로는 권오상(1997)이 한국의 미작농가를 대상으로 비모수적 방법론을 통해 생산효율성 특징, 규모수익성 중심의 분석을 수행하였다. 한편, 비교적 최근의 연구로 권오상 외(2015)에서는 한국 농업의 투입물을 각각 자본(K), 노동(L), 토지(A), 중간재(M)으로 구분하고 각각을 톤크비스트 지수로

구축한 후 이를 바탕으로 한국 농업의 비용함수를 추정하였으며, 상태공간분석법 등 계량모형 분석을 통해 생산기술의 특성을 파악하였다. 또한, 반경훈·권오상(2016)에서는 각 지역별 확률 프론티어 생산함수를 추정한 후, 이를 하위 생산기술로 하는 메타 프론티어 생산함수를 추정하여 농업의 지역별 생산성 격차를 분석하였다. 한편, 소순후·고민창(2015)의 연구에서는 전북 지역의 전략 산업을 대상으로, 맘퀴스트 생산성 변화 지수를 이용하여 총요소생산성의 변화를 기술적 효율성 변화 지수, 규모 효율성 변화 지수 등으로 분해하였다.

이러한 현대 비모수적 방법론의 시초가 되는 연구는 Farrell(1957)의 연구로, 다양한 산업에 적용 가능한 생산 효율성 측정 방법론을 고안해 내었다. 이를 바탕으로 Färe and Grosskopf(1985)은 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)를 개발하며 비모수적 방법론의 기틀을 마련하였다. 이후 DEA를 이용한 분석은 운송업, 금융업, 발전 등 다양한 산업에 있어 효율성을 측정하는 데 활용되어 왔다(Borger et al., 2008; Halkos and Tzeremes, 2013; 정성문, 2011).

해외에서 비모수적 방법론을 농업 분야에 활용한 연구 중 하나로 Chavas and Aliber(1993)는 비모수적인 방법을 통해 미국 위스콘신 농가의 기술효율성, 배분효율성, 규모효율성, 범위효율성을 계측하였다. 한편, Balk(2001)는 맘퀴스트 생산성지수를 이용하여 다산출물-다투입제 규모효율성의 계측 방법을 규명하고, 생산성의 변화를 기술 변화, 기술효율성 변화, 규모효율성 변화로 분해하여 도출한 바 있다. 또한 Coelli and Rao(2005)는 93개국을 대상으로 1980년부터 2000년까지 농업부문의 총요소생산성을 분석하고 이를 맘퀴스트 지수를 이용하여 분해하였다.

한편 위의 연구들을 비롯하여 비모수적 방법론을 사용한 여러 연구의 공통점은 거리함수(distance function)의 추정을 통해 생산성 계측과 분해를 시도한다는 것이다. 그러나 이러한 방법론은 비용함

수를 추정하여 구한 생산성과의 괴리가 종종 발생한다는 문제점이 있는 것으로 밝혀졌다(성재훈·추성민, 2019). 한편 O'Donnell(2012a)은 이러한 문제를 최소화하고자 총요소생산성의 직접적인 분해를 시도하였다. 해당 논문에서는 총요소생산성을 나타내는 지수중 곱의 완비성(multiplicatively-complete)을 지닌 지수를 규명하고, 맘퀴스트 총요소생산성 지수가 완전한 의미의 생산성을 의미하지 않는다는 것을 보이며 이러한 지수가 기술변화, 기술효율성 변화로 정확하게 분해된다는 사실을 증명하였다. 또한, 같은 연도에 O'Donnell(2012b)는 곱의 완비성을 지니면서 지수 공리를 다수 만족하는 지수중 하나인 Lowe 지수를 이용하여 미국 농업의 총요소생산성 지수를 도출하고, 이를 바탕으로 미국 농업의 생산성과 수익성을 비모수적으로 추정하였다. 이런 방법론을 도입한 국내의 연구로서 성재훈·추성민(2019)이 최초로 Lowe 지수를 도입하여 한국 쌀농가의 생산성 지수를 구축하고 도출된 총요소생산성을 자료포락분석(DEA)를 이용하여 다양한 효율성으로 분해하였다.

한편 생산성 변화는 투입량 대비 산출량의 변화로 평가할 수 있다. 이를 계산하는 방법의 하나는 총요소생산성 지수를 구축하여 평가하는 것이다. 이러한 지수중 하나로 이번 논문에서 사용될 톨크비스트 지수를 이용한 연구로는 대표적으로 Jorgenson et al.(1987)가 미국 전 산업에 걸쳐 투입물을 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 중간재(M)로 구분하여 톨크비스트 지수로 집계한 KLEM 자료를 구축하고 이를 바탕으로 총요소생산성을 계측한 것이 있다. 국내의 연구로는 권오상·김용택(2000)이 톨크비스트 지수를 이용하여 한국 농업 전체의 생산성을 비교적 엄밀하게 계측한 바 있다. 이어 권오상 외(2015)에서는 톨크비스트 지수를 바탕으로 투입요소를 자본(K), 노동(L), 토지(A), 중간재(M)로 나누어 한국 농업의 고유한 KLAM 자료를 구축하였다.

제 3 절 연구의 내용 및 방법

본 논문은 2003~2017년 동안 한국의 지역별 농업 생산성을 계측하고, 계측된 지역별 농업 생산성을 다양한 효율성지표로 비교함으로써 지역별 농업 효율성 격차를 비교하는 것을 주 내용으로 한다. 분석 대상이 되는 지역은 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주로 농업부문의 생산이 적은 특별시와 광역시를 제외한 9개의 지역이다.

먼저, 지역별로 5개의 총 산출지수(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)와 자본, 노동, 토지, 중간재로 이루어진 4개의 총 투입지수를 톨크비스트 지수로 구축하였다. 이후 톨크비스트 총 산출지수 5개를 5종류의 산출물, 톨크비스트 총 투입지수 4개를 4종류의 투입물로 하여 Lowe 지수로 총요소생산성 지수를 구축한다.

다음으로, 구축된 총요소생산성 지수를 선형계획법(linear programming)을 적용한 선형근사기법인 자료포락분석(DEA) 방법론을 이용하여 연도별 최대 총요소생산성, 총요소생산 효율성, 기술 효율성, 규모효율성, 혼합효율성, 잔여 혼합효율성, 잔여 규모효율성 등 다양한 효율성지표로 분해하여 지역별로 그 격차를 살펴본다.

제 4 절 논문의 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다.

1장에서는 연구를 하게 된 배경과 연구의 목적을 제시하고 연구의 주제 또는 방법론과 관련된 선행연구를 검토한다.

2장에서는 턴크비스트 지수의 이론적 배경을 설명하고, 산출물과 투입물 턴크비스트 지수를 구축하는 원자료와 식을 제시한다.

3장에서는 Lowe 지수의 이론적 배경을 살펴본 후, Lowe 지수를 이용하였을 때의 산출물·투입물 기준 효율성 관련 지표들을 설명하고 이를 도출하는 방법론을 제시한다.

4장에서는 구축된 산출물과 투입물 턴크비스트 지수를 바탕으로, Lowe 지수로 계측된 지역별 총요소생산성 지수를 제시하는 한편, 지역별로 총요소생산성을 분해하여 나온 기술효율성, 규모효율성, 혼합효율성 등의 효율성 관련 지표들을 도출하고 분석·비교한다.

5장에서는 연구의 결과를 요약하고 의의 및 한계를 제시한다.

제 2 장 톨크비스트 지수

제 1 절 이론적 배경

생산성 분석을 위해 Lowe 지수를 이용하여 총요소생산성(total factor productivity, *TFP*) 지수를 구하기 전, 산출물과 투입물을 이루는 하위 지수로 톨크비스트 지수(Törnqvist index)를 구축하고자 한다. 이는 권오상·김용택(2000b), 권오상 외(2015)에서 톨크비스트 지수로 구축한 한국 농업 산출물과 투입물 자료의 시계열을 2017년까지로 연장한다는 의미가 있으며, 이 단계에서 구축한 자료를 통해 한국 농업의 생산성 변화에 대한 참고 자료로 사용될 수 있을 것이다. 톨크비스트 지수는 산출물 5개(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)와 투입물 4개(K, L, A, M)의 지수로 구성된다.

톨크비스트 지수의 장점은 Diewert(1976)에서 언급한 바 있다. 해당 논문에서는 ‘우월한(superlative) 지수’가 충족해야 할 두 가지 성질을 제시하고 있다. 첫째는 해당 지수가 특정 생산기술 형태를 정확히 반영해야 하며, 둘째는 지수가 반영하는 함수가 2계 근사(second-order approximation)가 가능한 0차 동차함수(linear homogenous function)이어야 한다는 것이다. 어떤 지수가 전자를 충족할 경우 ‘정확한(exact) 지수’, 전자에 이어 후자까지 충족할 경우 ‘우월한(superlative) 지수’라고 할 수 있다. 한편, Diewert(1976)에서는 우월한 지수의 조건을 제시하면서 톨크비스트 지수가 이러한 조건을 충족하는 우월한 지수임을 증명하였다. 먼저, 해당 논문에서는 정확한 지수의 조건으로 다음과 같은 식을 제시한다. 1개의 산출물이 M개의 품목으로 구성될 때, t-1기와 t기 사이에 발생한 산출물의 변화를 반영하는 톨크비스트 수량지수의 형태는 다음과 같이 나타난다.

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \prod_{i=1}^M \left[\frac{Q_t^i}{Q_{t-1}^i} \right]^{\frac{1}{2}(r_t^i + r_{t-1}^i)} \quad (2.1)$$

이 때 좌변은 연쇄 지수로 구축된 톨크비스트 산출물 수량 지수이고, 우변의 Q_t^i 와 Q_{t-1}^i 는 해당 연도에 산출물을 구성하는 각 품목들의 수량을 의미한다. r_t^i 와 r_{t-1}^i 는 각 품목이 해당 연도의 전체 생산액에서 차지하는 비중이다. 한편, N개의 투입물이 있을 때, t-1기와 t기 사이에 발생한 투입물의 변화를 반영하는 톨크비스트 수량지수의 형태는 다음과 같다.

$$\frac{X_t}{X_{t-1}} = \prod_{j=1}^N \left[\frac{Z_t^j}{Z_{t-1}^j} \right]^{\frac{1}{2}(s_t^j + s_{t-1}^j)} \quad (2.2)$$

이 때 좌변은 연쇄 지수로 구축된 톨크비스트 투입물 수량지수이고, 우변의 Z_t^j 와 Z_{t-1}^j 는 해당 연도에 투입물을 구성하는 각 품목들의 수량을 의미한다. 한편 s_t^j 와 s_{t-1}^j 는 각 투입물이 해당 연도의 전체 투입액에서 차지하는 비중이다.

이러한 톨크비스트 산출물과 투입물 지수는 몇 가지 가정¹⁾ 하에 초월대수함수를 생산기술로 반영하는 것이며, 초월대수함수는 Diewert(1974)의 2차 근사 보조정리(quadratic approximation

1) M=1을 가정하자.

어떤 생산기술이 초월대수형으로

$$\ln h(x_1, \dots, x_N) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \ln x_i \ln x_j, a_{ij} = a_{ji} \text{와 같이 주어지면,}$$

생산자의 이윤극대화 조건이 성립한다는 가정($h_i(x_1, \dots, x_N) = \frac{w_i}{p}$, w_i 는

투입물 i의 가격, p는 산출물가격)과 생산기술이 규모수익불변이라는

가정($pY = \sum_{j=1}^N w_j x_j$)이 필요하다.(권오상, 2019)

lemma)에 의해 2계 근사가 가능한 함수이다. 즉, 토크비스트 지수는 Diewert(1976)이 제시하는 우월한 지수에 해당된다.

이 논문에서는 하나의 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)로 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주의 우리나라 9개 지역별 자료를 구축한다. 한편, 농축산식품부에서 도별로 제공하는 자료는 2003년부터 조사되었기 때문에, 분석 대상이 되는 시계열은 2003년부터 2017년까지이다.

제 2 절 산출물 지수 도출

이번 논문에서는 총 5개(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)의 산출물 지수를 구성하고자 한다. 산출물 지수에 포함되는 품목의 종류는 <표 2-1>와 같으며, 대분류 안에 포함되는 세부품목을 합친 다음 9개의 대분류를 다시 합치는 2단계의 작업을 통해 5개의 산출물 수량 지수를 구축하였다. 한편, 채소류와 축산물의 경우 세부품목 내에도 분류 기준이 있어 먼저 이에 해당하는 품목끼리 합치는 작업을 거쳤다.

<표 2-1> 산출물 지수 품목군 구분 및 세부 품목

대분류	세부품목	출처
미곡	미곡	농림축산식품부
맥류	겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 밀	농림축산식품부
잡곡류	옥수수, 메밀	농림축산식품부
두류	콩, 팥, 녹두, 기타두류	농림축산식품부
서류	고구마, 감자	농림축산식품부
채소류	과채류(수박, 참외, 딸기, 오이, 호박, 토마토), 근채류(무, 당근), 엽채류(배추, 상추, 양배추, 시금치), 조미채소(고추, 마늘, 양파, 파, 생강)	농림축산식품부
과실류	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 감	농림축산식품부
특용작물	참깨, 들깨, 땅콩	농림축산식품부
축산물	가축(소, 돼지, 닭, 오리), 축산품(계란, 우유)	농림축산식품부 (지역별 사육두수), FAO(전국 생산량)

식 (2.3), (2.4)에는 <표 2-1>의 자료를 톤크비스트 지수를 이용하여 단일 지수로 통합되는 과정이 드러나 있다. 각각의 대분류에 포함되는 세부품목은 (2.3)의 식을 거쳐 9개의 대분류 지수를 이루게 된다.

$$\frac{Q_t^i}{Q_{t-1}^i} = \prod_{j=1}^{M_i} \left[\frac{q_t^j}{q_{t-1}^j} \right]^{\frac{1}{2}(r_t^j + r_{t-1}^j)} \quad (2.3)$$

한편 각각의 대분류 톤크비스트 지수는 이번 논문에서의 품목 구분에 따라 최종적으로 5개로 지수로 구축되며, 5개의 지수에 해당하는 각각의 코드는 <표 2-2>에 제시되어 있다. 또한, 이러한 5개의 산출물 지수를 구축하는 과정은 식 (2.4)에 제시된 바를 따른다. 단, q_t^j 는 각 대분류에 포함되는 세부품목 수량, r_t^j, r_{t-1}^j 은 각각 t 와 $t-1$ 기에 대분류 i 에 포함되는 세부품목 j 의 가액 비중을 의미하며, M_i 는 대분류 i 의 세부품목 수를 의미한다. 생산액은 각 시도별 자료를

구할 수 없어 모든 지역이 같은 가격에 직면함을 가정하고 각 지역의 생산물 비중을 가중치로 하여 전국에 해당하는 가액을 분배하였다.

<표 2-2> 산출물 지수 해당 코드

구분	코드	대분류
미곡	1	미곡
식량작물	2	맥류, 잡곡류, 두류, 서류
채소류	3	채소류
과실 및 특작	4	과실류, 특용작물
축산	5	축산물

$$\frac{Y_t^k}{Y_{t-1}^k} = \prod_{i=1}^{M_k} \left[\frac{Q_t^i}{Q_{t-1}^i} \right]^{\frac{1}{2}(r_i^i + r_{i-1}^i)} \quad (2.4)$$

이때, Q_t^i 는 각 산출물 구분에 포함되는 대분류 수량, r_t^i, r_{t-1}^i 은 각 각 t 와 $t-1$ 기에 산출물 k 에 포함되는 대분류 i 의 가액 비중을 의미하며, M_k 는 산출물 지수 k 에 포함되는 대분류 개수를 의미한다.

한편 두류의 세부품목에 해당하는 기타두류의 경우, 전국 산출물가액에서 기타두류 데이터가 없으므로 두류 전체 생산액에서 나머지 세부품목(콩, 녹두, 팥)을 제한 나머지를 기타두류의 가액으로 산정하였다. 이렇게 계산했을 시 2007년, 2008년의 양 연도에서 음의 값이 나오게 되어 이는 모두 0으로 처리하였다. 또한, 축산물 중 가축의 경우 지역별 사육두수를 연도별로 제공하고 있는 자료가 없어, 지역별 가축의 연평균 사육두수의 비율로 FAO에서 연도별로 통계를 내는 전국 가축 생산량을 분배하여 생산량을 구축하였다. 한편, 세부품목 중 오리는 2003년부터 2010년까지의 데이터가 없어 2011년에서 2012년의 연 성장률을 적용하여 역으로 계산하였다.

제 3 절 투입물 지수 도출

1. 분석 자료

Lowe 지수를 구축하는 데 사용될 4개의 투입물지수는 자본(K), 노동(L), 토지(A), 중간재(M)로서 이 역시 톤크비스트 지수로 구축한다. 한편 투입물 수량을 위해 이용한 『농가경제조사』는 지역별 자료가 존재하지만, 가구별 평균을 내어 제시되므로 해당 수량에 한국 도시통계에 수록된 연도별·지역별 농가 수를 각각 곱하여 최종 수량을 산출하였다. 각각의 투입물 지수 구축에 포함되는 품목의 종류는 아래의 <표 2-3>와 같다.

<표 2-3> 투입물 지수(K, L, A, M) 세부 품목

분류	세부품목	출처
자본(K)	건물, 기계·기구·부품, 대식물, 대동물, 무형자산	농가경제조사
노동(L)	성별(남, 여), 고용형태별(자가, 고용)	농가경제조사
토지(A)	농지면적	농가경제조사
중간재(M)	종자, 비료, 농약, 사료, 영농광열	농가경제조사

2. 자본(K)

자본(K)의 경우, 『농가경제조사』의 자산 항목에서 지역별로 호당

평균으로 제시된 평가액을 명목자본스톡으로 간주하였다. 한편 자본은 고정자본이 아닌 일정 단위시간 동안 형성되는 자본서비스가 직접적인 투입물로 반영되어야 한다. 그러나 이러한 자본서비스를 정확히 계측한 자료가 없으므로, 반경훈·권오상(2016)에서와 마찬가지로 시장에서의 농가 자산 평가액이 자본서비스의 가치를 반영한다는 가정을 도입하였으며, 이를 실질자본스톡으로 전환하는 과정을 거쳤다. 이는 Jorgenson et al.(1987)에서 가정하는 자본서비스와 자본스톡의 관계를 따른 것이다. K_t^i 는 t 기 i 번째 유형의 자본이 만들어내는 자본서비스, A_{t-1}^i 는 t 기 i 번째 유형의 자본스톡, Q^i 는 자본스톡을 자본서비스로 전환해 주는 일종의 비례 상수(constants of proportionality)를 의미한다. 이 비례 상수가 시간에 대해 불변임을 가정한다면, 자본서비스의 성장률은 자본스톡의 성장률과 같아진다.

$$K_t^i = Q^i A_{t-1}^i \quad (2.5)$$

이로 인해 연쇄지수인 톨크비스트 지수 구축 방식에 따라 자본 지수 구축이 가능해진다. 자본 톨크비스트 지수는 다음의 식을 거쳐 완성된다.

$$\begin{aligned} \ln \left[\frac{K_t}{K_{t-1}} \right] &= \sum_{j=1}^5 \frac{1}{2} \left(\frac{u_j^t K_j^t}{\sum_j u_j^t K_j^t} + \frac{u_j^{t-1} K_j^{t-1}}{\sum_j u_j^{t-1} K_j^{t-1}} \right) \ln \left[\frac{K_j^t}{K_j^{t-1}} \right] \quad (2.6) \\ &= \sum_{j=1}^5 \frac{1}{2} \left(\frac{u_j^t B_j^t}{\sum_j u_j^t B_j^t} + \frac{u_j^{t-1} B_j^{t-1}}{\sum_j u_j^{t-1} B_j^{t-1}} \right) \ln \left[\frac{B_j^t}{B_j^{t-1}} \right] \end{aligned}$$

한편, 위의 논문이 제안한 바와 같이, 자본 세부품목의 연말 평가액을 한국은행 『국민계정』에서 국내총생산에 대한 지출 디플레이터 중 총고정자본형성 디플레이터를 이용하여 디플레이트함으로써 명목자본스톡을 실질자본스톡으로 전환하고 가격에 따른 편의를 없

애고자 하였다. 또한, 자본 가격은 한국은행(2014)가 제시하는 방식을 따라 자산별로 자본의 사용자비용(u_j^t)을 도출하여 계산하였다.

$$u_j^t = p_j [1 + \rho^t] [r^{*t} + \delta_j] \quad (2.7)$$

여기서 p_j 는 신품자산가격으로 자본을 구성하는 모든 품목에 대해 1을 가정한다. 이는 1원의 스톡을 얻기 위해 1원을 지불하는 것을 의미한다. 한편 u_j^t 는 j번째 자본 구성 품목의 사용자비용, ρ^t 는 t기의 일반물가상승률, r^{*t} 는 t기의 실질수익률, δ_j 는 j번째 자본 구성 품목에 해당하는 감가상각률을 의미한다. 한편, 자본을 구성하는 각 세부품목에 해당하는 감가상각 역시 한국은행(2014)의 연구 결과를 따랐으며, 대식물과 대동물의 경우에는 권오상 외(2015)에서와 마찬가지로 서상택(1998)을 참고한 감가상각률이 적용되었다.

<표 2-4> 자본 세부품목별 감가상각률

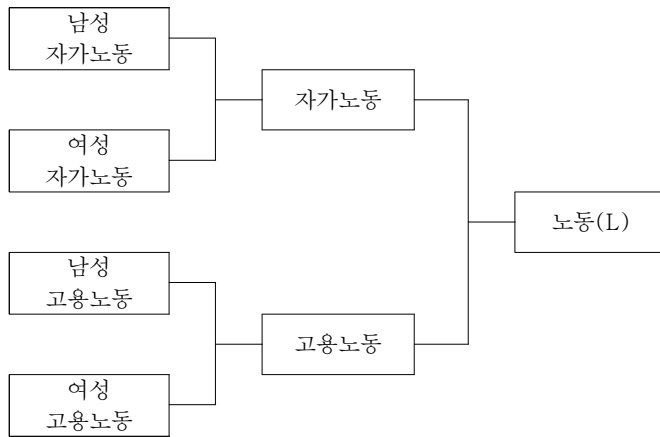
분류	감가상각률	출처
건물	0.019	한국은행(2014)
기계·기구·부품	0.109	한국은행(2014)
대식물	0.040	서상택(1998)
대동물	0.110	서상택(1998)
무형자산	0.233	한국은행(2014)

3. 노동(L)

노동(L)의 경우 『농가경제조사』의 농업노동 투하량 항목에서 지역별 평균 연간 노동시간에 농가 수를 곱한 값을 바탕으로 수량을 구축하였다. 한편 노동은 고용형태에 따라 자가노동과 고용노동으로

구분된 데이터가 제공되고 있다. 본고는 이 중 가족노동(남, 여), 경영주의 노동시간을 합쳐 이를 자가노동으로 취급하였으며, 자가노동과 고용노동을 구분하여 노동 톤크비스트 구축에 반영하고자 하였다. 이러한 과정은 <그림 2-1>에 도식화되어 있다.

<그림 2-1> 노동 톤크비스트 지수 구축 도해



이렇게 노동 유형별로 노동의 질적 차이가 있음은 아래의 식을 통해 나타낼 수 있다(Jorgenson et al.,1987). 자본에서와 마찬가지로 L_t^i 는 t 기 i 번째 유형의 노동이 만들어내는 노동서비스, H_t^i 는 t 기 i 번째 유형의 노동투입시간, Q^i 는 노동투입시간을 노동서비스로 전환해 주는 일종의 비례상수(constants of proportionality)가 된다.

$$L_t^i = Q^i H_{t-1}^i \quad (2.8)$$

비례 상수 Q^i 가 시간에 대해 불변임을 가정한다면, 자본 지수와 같이 연쇄 지수인 톤크비스트 지수 구축 방식에 따라 노동 지수 구축이 가능해진다. 노동 톤크비스트 지수는 식 (2.9)를 거쳐 완성된다.

$$\begin{aligned} \ln \left[\frac{L_t}{L_{t-1}} \right] &= \sum_{j=1}^4 \frac{1}{2} \left(\frac{w_j^t L_j^t}{\sum_j w_j^t L_j^t} + \frac{w_j^{t-1} L_j^{t-1}}{\sum_j w_j^{t-1} L_j^{t-1}} \right) \ln \left[\frac{L_j^t}{L_j^{t-1}} \right] \quad (2.9) \\ &= \sum_{j=1}^4 \frac{1}{2} \left(\frac{w_j^t H_j^t}{\sum_j w_j^t H_j^t} + \frac{w_j^{t-1} H_j^{t-1}}{\sum_j w_j^{t-1} H_j^{t-1}} \right) \ln \left[\frac{H_j^t}{H_j^{t-1}} \right] \end{aligned}$$

한편 2018년의 수량 자료가 성별, 고용형태별로 제시되어 있지 않아, 2017년까지의 평균 성별·고용형태별 노동 수량 변화율을 계산하여 이를 2017년 자료에 곱해주는 것으로 대신하였다.

위 식에서 사용되는 노동의 가격, 즉 임금은 「농가판매및구입가격조사」의 남·녀 농업노동임금 항목을 참고하였다. 이 항목은 하루 8시간의 노동을 가정하였을 때 식대를 포함하여 지급한 고용노동 일당을 의미한다. 반면 수량에 해당하는 농업노동투하량은 시간 단위로 측정되었으므로, 농업노동임금 항목을 8로 나누어 시급으로 임금을 계산하였다. 한편 고용노동이 아닌 자가노동의 경우 적용되는 임금은 권오상·강혜정(2005) 논문의 결과를 바탕으로 남성 0.44, 여성 0.29의 가중치를 곱하여 계산하였다.

4. 토지(A)

토지(A)의 경우 『농가경제조사』의 농지면적 항목을 원자료로 이용하였으며, 자료의 한계상 단일투입물로 톤크비스트 지수를 구축하였다. 수량으로는 총 경지면적(단위: ha)을 사용하였으며, 톤크비스트 지수 구축 과정은 식 (2.10)과 같다.

$$\ln \left[\frac{A_t}{A_{t-1}} \right] = \ln \left[\frac{a_t}{a_{t-1}} \right] \quad (2.10)$$

여기서 A_t 는 t 기에 투입되는 토지서비스를 의미하고, a_t 는 실제 농

지면적을 의미한다. 앞서 자본(K)이나 노동(L)과 마찬가지로, 수량과 서비스에 시간 불변의 비례 관계가 성립하여 수량의 변동과 서비스의 변동은 결국 같아짐을 가정한 것이다.

5. 중간재(M)

중간재(M)는 『농가경제조사』의 「농업경영비」 중 일부 항목을 구성 요소로 삼고 있다. 지역별로 호당 평균값이 제시되어 있기에 지역별 농가 호수를 곱하여 수량으로 사용하였다. 자본과 마찬가지로 중간재 역시 평가액 자료를 변형하여 수량을 계산하였는데, 해당 연도의 평가액을 GDP 디플레이터로 나눠 가격에 따른 편의를 줄이고자 하였다. 이를 바탕으로 한 중간재 톤크비스트 지수 계산 과정은 식 (2.11)과 같다.

$$\ln \left[\frac{M_t}{M_{t-1}} \right] = \sum_{j=1}^4 \frac{1}{2} \left(\frac{p_j^t M_j^t}{\sum_j p_j^t M_j^t} + \frac{p_j^{t-1} M_j^{t-1}}{\sum_j p_j^{t-1} M_j^{t-1}} \right) \ln \left[\frac{M_j^t}{M_j^{t-1}} \right] \quad (2.11)$$

가액 역시 노동(L)과 마찬가지로 통계청의 『농가판매및구입가격조사』를 이용하였다. 다만 중간재 농가구입가격지수의 경우 2003년에서 2004년의 자료가 누락되어, 2005~2006년, 2007~2008년 사이의 변화율을 평균한 값을 적용하여 역산하였다.

제 3 장 Lowe 지수를 이용한 생산성 및 효율성 분해

제 1 절 이론적 배경

생산성(productivity)이란 어떤 경제 주체의 성과(performance)를 나타내는 지표의 하나로서, 투입량 대비 산출량이 어느 정도인지를 나타내는 지표이다(권오상·김용택, 2000). 한편 기술 수준을 시간으로 설정하고 이를 하나의 고정투입물로 간주하는 경우 기술변화는 생산성 변화와 밀접한 연관을 가지게 된다(권오상, 2019). 이러한 생산성을 평가하는 방법의 하나로 지수를 구축하는 방법이 있으며, 생산성을 평가하는 지수에는 대표적으로 총요소생산성(total factor productivity, *TFP*)을 들 수 있다. *TFP*는 식 (3.1)과 같은 지수로 정의된다.

$$TFP = \frac{Y}{X} \quad (3.1) \quad (Y: \text{총 산출지수}, X: \text{총 투입지수})$$

총산출과 총투입 지수를 구축한 이후에는 *TFP*에 로그를 취하고 이를 시간에 대해 미분해 주면 연도별 총요소생산성의 변화율이 도출된다. 이는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$TFP = \dot{Y} - \dot{X} \quad (3.2)$$

한편, 산출물과 투입물 등 수량 지수는 라스파이레스, 파세, 피셔, 턴크비스트, 헉스-무어스틴 지수 등 다양한 지수를 이용하여 도출할 수 있으며 어떤 지수를 사용하느냐에 따라 집계된 값과 변화율이

달라질 수 있다. 이러한 다양한 지수중 바람직한 지수를 선택하기 위한 조건에는 2장의 톨크비스트 지수를 설명하였을 때 제시된 Diewert(1976)의 경제 이론적 접근(econometric theoretic approach) 이외의 패러다임 역시 존재한다. 이번 논문에서는 수량 지수 구축의 다음 단계인 총요소생산성 지수를 구축하는 단계에서, 바람직한 지수를 평가하는 기준으로 공리적 지수이론(axiomatic index theory)을 채택한다.

O'Donnell(2012b)에 따르면, 수량지수 $Q_{I_{smt}} = \frac{Q(q_{mt})}{Q(q_{ls})}$ (q_{ls} : l 번째 DMU의 s 기 수량벡터, q_{mt} : m 번째 DMU의 t 기 수량벡터)를 Lowe 지수로 구축했을 경우 다음의 잘 알려진(commonsense) 7가지의 지수 공리를 충족하게 된다.

- A1. 단조성(monotonicity) 공리: 지수는 수량벡터 q_{mt} 의 구성요소가 증가함에 따라 증가하고, q_{ls} 의 구성요소가 증가함에 따라 감소한다.
- A2. 선형 동차성(linear homogeneity) 공리: q_{mt} 가 비례적으로 증가(proportionate increase)할 경우, 지수도 동일한 비율로 증가한다.
- A3. 일치성(identity) 공리: $q_{ls} = q_{mt}$ 인 경우 수량지수는 1이다.
- A4. 0차 동차성(homogeneity of degree zero) 공리: q_{ls} 와 q_{mt} 에 같은 값의 상수가 곱해지는 경우, 지수의 값에는 변동이 없다.
- A5. 단위변환 중립(commensurability) 공리: 측정단위의 변화가 지수의 값에 영향을 끼치지 않는다.
- A6. 비례성(proportionality) 공리: q_{mt} 가 q_{ls} 에 비례하는 경우, 지수의 값은 비례 상수(factor of proportionality)와 같아진다.
- A7. 이행성(transitivity) 공리: 기준벡터와 비교벡터를 직접 비교하는 지수의 값은 중간벡터를 거쳐 계산된 지수와 동일한 값을 지닌다.

라스파이레스, 파세, 피셔, 톨크비스트, 히스-무어스틴, Lowe 지수

모두 A1에서 A6까지의 공리를 만족하지만, 이 중 A7을 만족하는 지수는 Lowe 지수뿐이기 때문에, 총요소생산성의 측정과 분해에 사용하기 적절하다. 그러나 Lowe 지수로 구축된 수량 지수로 생산액을 나누어 구한 암묵적인 Lowe 가격 지수는 지수의 공리 중 A3(일치성), A6(비례성)을 충족하지 않아 가격의 변화를 측정하는 수단으로는 적절하지 않다(O'Donnell, 2012b; O'Donnell, 2008). 본고에서는 이러한 Lowe 지수를 이용하여 총요소생산성을 계산하고, 이를 다양한 효율성 지표로 분해하고자 한다.

제 2 절 분석 모형

1. 총요소생산성 지수 구축

본고에서는 O'Donnell(2012b)의 방법론을 차용하여, Lowe 지수로 구축된 한국 농업의 총요소생산성을 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)를 이용해 분석한다. DEA는 선형계획법(Linear Programming, LP)이라는 최적화 기법을 사용하여 특별한 함수 형태를 가정하지 않고 자료의 외곽을 도출해 내는 일종의 비모수적(nonparametric method) 분석 중 하나로, 용어에서 시사하는 바와 같이 관측치의 가장 바깥쪽 외곽을 둘러싸는 경계를 도출해 내는 방법을 의미한다(권오상, 2019). 이러한 방법을 통해 도출된 효율성지표들은 기본적으로 경계상에 있는 효율적인 DMU 대비 해당 DMU의 위치를 비교한다. DEA는 도출된 경계를 벗어나는 상태를 기술적 비효율성으로 간주하게 되므로 생산에 영향을 미치는 확률적인 영향을 고려하지 않는다는 단점을 지닌다. 그러나 분석의 편리함과 더불어 총요소생산성의 변화를 다양한 효율성 지표의 변화로 분해할 수 있다는 장점이 있어(O'Donnell, 2008) 이번 연구에서 주로 이용하는 방법론으로 채택하게 되었다.

2장에서 톨크비스트 지수를 이용하여 산출물(Y) 1개와 투입물 4개 (K, L, A, M)의 지수를 구축하면 이를 바탕으로 1개의 산출물과 4개의 투입물 벡터를 생성할 수 있다. 이 벡터들을 가지고 Lowe 총요소생산성 지수를 구축하게 된다. 구체적인 지수 도출 과정은 다음과 같다.

$$TFPI_{lsmt} = \frac{TFP_{mt}}{TFP_{ls}} = \frac{Y_{mt}/X_{mt}}{Y_{ls}/X_{ls}} = \frac{YI_{lsmt}}{XI_{lsmt}} \quad (3.3)$$

(YI_{lsmt} : s 년도 l 지역 대비 t 년도 m 지역의 산출물 차이를 나타내는 산출물 수량 지수)

$$YI_{lsmt} = \frac{p_0' y_{mt}}{p_0' y_{ls}} \quad (3.4)$$

(p_0 : 시간 불변 산출물 기준가격(time-invariant reference output price) 벡터)

$$XI_{lsmt} = \frac{w_0' x_{mt}}{w_0' x_{ls}} \quad (3.5)$$

(w_0 : 시간 불변 투입물 기준가격(time-invariant reference input price) 벡터)

위의 지수를 구축하는 식에서 드러나는 Lowe 수량 지수의 특징은, 모든 DMU와 모든 연도에 대해 같은 가격 벡터가 적용된다는 것이다. 어떠한 가격 체계도 Lowe 수량 지수에서 기준가격이 될 수 있으나, 바람직한 기준가격 설정은 적절한 Lowe 수량 지수를 구축하는 데 있어 중요하다. Lowe 수량 지수의 하나인 Geary-Khamis 수량 지수(Geary-Khamis quantity index, GK index)를 계산할 때 사용되는 기준가격은 해당 품목의 생산액을 생산량으로 나누어 산출하게 된다. 이러한 가격 계산 방식을 GK 방법론(GK method)이라고

한다(Hill, 2010). GK 수량 지수 산출 식은 식 (3.6)과 같은데, 평균 가격 \bar{p}_i^G 와 국가별 PPP^c 를 도출하기 위해 GK 방법론을 사용한다.

$$Q_{GK}^{l,m} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{p}_i^G q_i^m}{\sum_{i=1}^n \bar{p}_i^G q_i^l} \quad (3.6)$$

$$(C: \text{DMU 개수}, \bar{p}_i^G = \frac{\sum_{c=1}^C \bar{p}_i^c}{\sum_{c=1}^C PPP^c} \frac{q_i^c}{\sum_{c=1}^C q_i^c}, PPP^c = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{p}_i^c q_i^c}{\sum_{i=1}^n \bar{p}_i^G q_i^c})$$

한편 각 DMU가 직면하는 가격을 평균하여 기준가격을 설정하는 방법도 있다. O'Donnell(2012b)에서는 DMU별로 구축된 binary Fisher 가격 지수를 EKS 기하평균 절차(EKS geometric procedure)를 바탕으로 통합한 EKS 지수를 기준가격을 설정하였다. 또한, 성재훈·추성민(2019)은 5년간 『농산물생산비조사』에 속한 각 농가가 직면하는 투입·산출물의 가격을 평균한 것을 기준 가격으로 설정하였다.

이번 논문에서는 기본적으로 Geary-Khamis 수량 지수의 기준가격 계산 방법을 바탕으로 가액을 수량으로 나눈 값을 기준가격으로 사용한다. 다만, 농업부문의 지역별 생산액 자료가 없으므로 전국적으로 모든 지역이 같은 가격에 직면한다는 가정을 추가한다. 이는 투입물 수량 지수를 구축할 때도 동일하게 적용된다.

한편 이렇게 구해진 총요소생산성 지수와 수익성 지수(profitability, $PROF$)를 바탕으로 교역조건 지수(terms of trade, TT)를 도출할 수 있다. 총요소생산성 지수, 수익성 지수, 교역조건 지수의 관계는 아래 식 (3.7)로 나타난다.

$$PROFI_{lsmt} = \frac{PROF_{mt}}{PROF_{ls}} = \frac{P_{mt} Y_{mt} / W_{mt} X_{mt}}{P_{ls} Y_{ls} / W_{ls} X_{ls}} = \frac{PI_{lsmt}}{WI_{lsmt}} \times \frac{YI_{lsmt}}{XI_{lsmt}} = TTI_{lsmt} \times TFPI_{lsmt}$$

(3.7)

2. 산출물 기준 효율성지표와 총요소생산성 분해

한편, O'Donnell(2010; 2012a; 2012b)은 곱의 완비성(multiplicatively-complete)을 갖춘 총요소생산성 지수의 경우 기술 변화와 다양한 효율성 변화로 그 요소를 명확히 분해할 수 있음을 보인 바 있다. 이러한 곱의 완비성을 충족하는 지수에는 파셰, 라스파이레스, 피셔, 톱크비스트 지수 등이 있다. 한편, 맘퀴스트 총요소생산성 지수의 경우 이러한 곱의 완비성을 충족하지 못하므로 총요소생산성 분해를 시도하기에는 부적합한 측면이 있다(O'Donnell, 2010). 이때, j 생산자의 t 기 총요소생산성(TFP_{jt})은 산출물 기준 지표를 이용하였을 때 식 (3.8), (3.9)와 같이 분해할 수 있다.

$$\begin{aligned}TFPE_{jt} &= \frac{TFP_{jt}}{TFP_t^*} = \frac{Y_{jt}/X_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} = \frac{Y_{jt}}{Y_{jt}} \times \frac{\bar{Y}_{jt}/X_{jt}}{\bar{Y}_t/\bar{X}_t} \times \frac{\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t}{Y_t^*/X_t^*} \quad (3.8) \\ &= OTE_{jt} \times OSE_{jt} \times RME_{jt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}TFPE_{jt} &= \frac{TFP_{jt}}{TFP_t^*} = \frac{Y_{jt}/X_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} = \frac{Y_{jt}}{Y_{jt}} \times \frac{\bar{Y}_{jt}}{\hat{Y}_{jt}} \times \frac{\hat{Y}_{jt}/X_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} \quad (3.9) \\ &= OTE_{jt} \times OME_{jt} \times ROSE_{jt}\end{aligned}$$

위 식의 $Y(\cdot)$, $X(\cdot)$ 는 각각 Lowe 지수 구축 방식을 도입하여 집계한 총 산출 지수와 총 투입 지수를 의미하며, 비음의(non-negative), 비감소하는(non-decreasing), 선형동차(linearly-homogeneous)인 함수이다(O'Donnell, 2012a). 한편, 식에서 OTE_{jt} 는 산출 기술효율성(output-oriented technical efficiency), OSE_{jt} 는 산출 규모효율성

(output-oriented scale efficiency), RME_{jt} 는 잔여 혼합효율성(residual mix efficiency), OME_{jt} 는 산출 혼합효율성(output-oriented mix efficiency), $ROSE_{jt}$ 는 산출 잔여 규모효율성(residual output-oriented scale efficiency)을 의미한다.

산출 기술효율성(technical efficiency, OTE)이란 이후 식 (3.10)에 나오는 LP문제의 해의 역수로서, 산출물 거리함수의 값을 의미한다. 이는 산출물 벡터의 구성과 비중이 고정되어 있을 때 관찰된 총 투입물(X_{jt}) 하에서, 해당 연도에서의 최대 총 산출물(\bar{Y}_{jt}) 대비 관찰된 총 산출물(Y_{jt})의 비율을 의미한다.

규모효율성(scale efficiency, SE)은 기술효율성을 구할 때의 LP문제에서 규모수익불변(constant returns to scale)의 가정을 추가한 것이다. 이러한 가정에는 규모수익불변 생산량이 최적 생산규모라는 가정이 내포되어 있다(권오상, 2019). 이를 산출물 기준으로 분석한 산출 규모효율성(OSE_{jt})이란 규모수익불변을 가정했을 경우 해당 연도 기술 수준에서의 최대 $TFP(\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t)$ 대비, 관측된 투입물에 해당하는 생산 경계상의 $TFP(\bar{Y}_{jt}/X_{jt})$ 비율을 의미한다.

한편 산출 기술효율성과 산출 규모효율성의 곱으로부터 산출 규모 혼합효율성(output-oriented scale mix efficiency, $OSME_{jt}$)이 도출된다. 이는 모든 관측치로부터 생성된 생산 경계상의 최대 $TFP(\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t)$ 대비 관찰되는 $TFP(Y_{jt}/X_{jt})$ 비율을 의미한다. 즉, 기술효율성 격차를 제외하였다는 가정 아래 총요소생산성(\bar{Y}_{jt}/X_{jt})과, 투입의 규모와 산출물 구성의 변화를 동시에 허용했을 때의 최대 총요소생산성(TFP^*)과의 격차를 비교하는 지표이다.

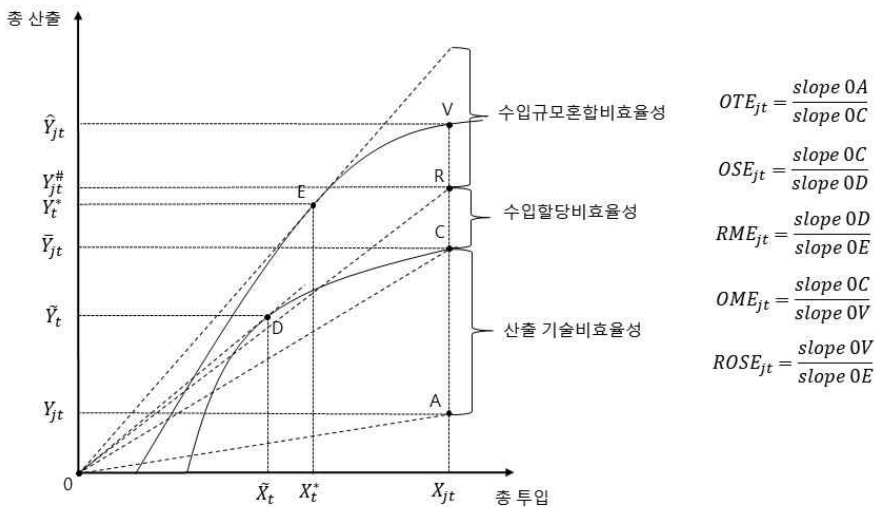
잔여 혼합효율성(RME_{jt})은 투입물 벡터와 산출물 벡터의 구성과 비중이 고정되어 있을 때의 최대 $TFP(Y_t^*/X_t^*)$ 대비 산출물의 구성 비중이 자유로운 생산경계에서의 최대 $TFP(\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t)$ 의 비율로 계산된다. 해당 개념은 총요소생산 효율성($TFPE$)의 변화 요인 중 기술효율성(TE)과 규모효율성(SE)의 변화에서 기인한 부분을 제외한 나머지

지 부분을 계측한다는 의미에서 ‘잔여(residual)’라는 용어를 사용하였다.

산출 혼합효율성(OME_{jt})은 관찰된 총 투입물 하에서 산출물 구성 비중이 자유로운 생산경계에서의 산출량(\hat{Y}_{jt}) 대비, 관찰된 총 투입물에 해당하는 최대 산출물(\bar{Y}_{jt})의 비율을 의미한다. 즉, 기술효율성의 격차를 제외하고 산출물 조합의 효율성만을 포착해 내는 지표이다.

마지막으로, 산출 잔여 규모효율성($ROSE_{jt}$)이란 산출물의 구성 비중을 제약하지 않는 생산경계에서, 최대 $TFP(Y_t^*/X_t^*)$ 대비 관찰된 투입물 수준에서의 $TFP(\hat{Y}_{jt}/X_{jt})$ 비율을 의미하며, $TFPE$ 의 변화를 초래하는 요인 중 기술효율성과 혼합효율성(ME)을 제외한 나머지 부분을 나타낸다. 이러한 내용은 <그림 3-1>을 통해 확인할 수 있다.

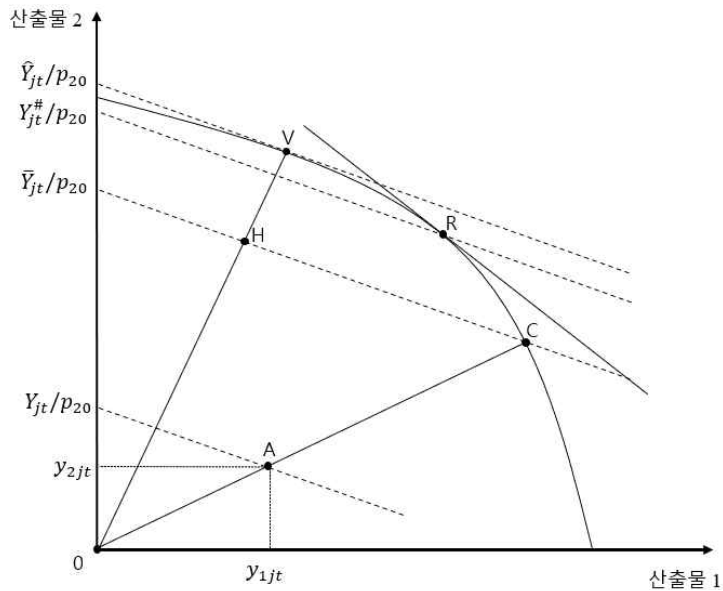
<그림 3-1> 산출물 기준 효율성지표 개념(단일 산출물)



한편 <그림 3-1>에서 나타나는 산출물 기준 효율성지표 개념들을 투입물이 고정된 상태에서 다수의 산출물 생산을 조정하여 생산성

과 수익성을 극대화하는 과정에서 도출되는 개념들이다. <그림 3-2>에서는 투입물이 고정된 상태에서 산출물이 2가지 있는 경우를 예로 들어 2차원상에 산출물 조합 그래프로 표현함으로써 해당 지표들의 개념을 비교적 간단히 설명한다.

<그림 3-2> 산출물 기준 효율성지표 개념(다산출물)



$y_{jt} = (y_{1jt}, y_{2jt})'$ 를 t 기 j 번째 DMU가 생산한 산출물 벡터라 하고, $p_{jt} = (p_{1jt}, p_{2jt})'$ 를 t 기 j 번째 DMU가 생산한 산출물의 가격 벡터라 하자. Lowe 지수의 경우 총 산출지수는 $Y_{jt} = p_0' y_{jt} = p_{10} y_{1jt} + p_{20} y_{2jt}$ 와 같이 구할 수 있다. <그림 3-2>에서 산출물 집합 경계에 접하고 있는 실선은 등수입선(isorevenue line)을 의미하고, 해당 접선의 기울기는 $-p_{1jt}/p_{2jt}$ 이며 t 기의 산출물 상대가격을 의미한다. 한편 산출물 집합 경계를 지나고 있는 평행인 점선들의 공통 기울기는 $-p_{10}/p_{20}$ 이고 Lowe 지수 계측 시 기준연도의 상대가격을 의미한다. 현재 y_{jt} 를 생산하고 있는 j 번째 DMU가 산출물 비중이 고정된 상태에서 수입을 높이는 것은 A점에서 C점으로의 이동을 의미하며, 이때 총

산출은 Y_{jt} 에서 \bar{Y}_{jt} 로 상승하게 된다. 이는 산출물 비중을 유지하며 산출물 집합의 경계로 이동하는 상황을 반영하며, 이를 순수한 기술 효율성의 개선으로 간주한다. 즉 $0A/0C$ 가 일종의 기술효율성 (OTE_{jt})으로 측정될 수 있다는 것이다.

한편 산출물 구성 비중의 제약 없이, 산출물 집합 경계 위에서 가장 높은 수입을 달성하는 점은 R이고, 이때의 총 산출은 $Y_{jt}^{\#}$ 이다. $Y_{jt}^{\#}$ 와 t 기에 산출물 구성 비중을 고정한 상태에서 기술 효율성이 달성되었을 때의 총 산출(\bar{Y}_{jt})을 비교하는 지표가 바로 잔여 배분효율성(residual allocation efficiency, RAE_{jt})이다. 한편 t 기의 산출물 집합 경계에서, 기준가격 벡터가 p_0 일 때 가장 높은 총 산출을 달성하는 점은 V이고 이때의 총 산출은 \hat{Y}_{jt} 라고 할 수 있다. 이때 \hat{Y}_{jt} 과 \bar{Y}_{jt} 를 비교하는 지표가 산출 혼합효율성(output-oriented mix efficiency, OME_{jt})이다. \bar{Y}_{jt} 과 \hat{Y}_{jt} 모두 생산경계 위에 위치하는 산출물 조합으로부터 도출되며 후자는 산출물 비중을 자유롭게 움직일 수 있다는 점만 다르다. 즉 기술효율성은 이미 달성되었다는 가정 아래, 산출물의 구성 비중으로부터 오는 비효율성을 측정하는 지표라고 할 수 있다.

O'Donnell(2012b)에서는 산출물 기준 효율성지표를 이용하여 Lowe 지수로 구축한 총요소생산성을 분석하고 있다. 이번 논문에서는 이러한 방법론을 이용하여 한국의 지역별 농업 총요소생산성 지수를 구하고 이를 분해한다. Lowe 지수로 총요소생산성을 구축하였을 때의 구체적인 선형계획법은 O'Donnell(2012b)에서 제시한 바를 이용하였다.

$$OTE_{jt} = D_O^t(x_{jt}, y_{jt}) = \min_{\lambda, \theta} \{ \lambda^{-1} : \lambda y_{jt} \leq Y\theta; X\theta \leq x_{jt}; \theta' \iota = 1, \lambda, \theta \geq 0 \}$$

(3.10)

(Y : 1×9 산출물 행렬, X : 4×9 투입물 행렬, θ : 9×1 벡터, ι : 9×1 단위벡터)

$$OSE_{jt} = \min_{\lambda, \theta} \{ \lambda^{-1} : \lambda y_{jt} \leq Y\theta; X\theta \leq x_{jt}; \lambda, \theta \geq 0 \} / OTE_{jt} \quad (3.11)$$

$$\frac{Y_{jt}/X_{jt}}{\hat{Y}_{jt}/X_{jt}} = \frac{slope\ 0A}{slope\ 0V} = \min_{\theta, z} \left\{ \frac{p_0' y_{jt}}{p_0' z} : z \leq Y\theta; X\theta \leq x_{jt}; \theta' \iota = 1, \lambda, \theta \geq 0 \right\} \quad (3.12)$$

$$OME_{jt} = \frac{Y_{jt}/\hat{Y}_{jt}}{OTE_{jt}} \quad (3.13)$$

$$TFP_t^* = \max_{\theta, z, \nu} \{ p_0' z : z \leq Y\theta; X\theta \leq \nu; w_0' \nu = 1; \theta' \iota = 1; \theta, z, \nu \geq 0 \} \quad (3.14)$$

(ν : 4×1 벡터)

위의 선형계획법에는 총 9개의 DMU(9개의 지역)가 존재하며, 톤크비스트 지수로 구축한 5개의 농업 산출물(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)과 자본(K), 노동(L), 토지(A), 중간재(M) 4개의 투입물이 사용된다. 이러한 선형계획법은 Lowe 지수로 측정한 총요소생산성을 분해하는 과정에 사용된다. 이 중 (3.10), (3.12), (3.14) 식에 포함된 $\theta' \iota = 1$ 은 생산기술이 변동규모수익(variable returns to scale, VRS)임을 가정하는 제약식이며, 위 제약이 적용되는 경우 생산기술은 규모수익증가, 규모수익감소, 규모수익불변 중 어느 것에도 해당 가능한 영역만을 포함한다. 이 제약을 생략할 경우 생산기술은 규모수익불변(constant returns to scale, CRS)이 되고, 제약의 등호를 부등호로 바꿀 경우(즉 $\theta' \iota \leq 1$), 생산기술은 규모수익비증가(non-increasing returns to scale, NIRS)가 된다.

3. 투입물 기준 효율성지표와 총요소생산성 분해

투입물 기준 효율성지표를 사용하면, 투입물 조합에 있어 해당 DMU가 가장 효율적인 DMU 대비 얼마나 비효율적인지 나타낼 수 있다. j 생산자의 t 기 총요소생산성(TFP_{jt})은 투입물 기준 지표를 이용하였을 때 다음과 같이 분해된다.

$$TFPE_{jt} = \frac{TFP_{jt}}{TFP_t^*} = \frac{Y_{jt}/X_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} = \frac{\bar{X}_{jt}}{X_{jt}} \times \frac{Y_{jt}/\bar{X}_{jt}}{\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t} \times \frac{\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t}{Y_t^*/X_t^*} = ITE_{jt} \times ISE_{jt} \times RME_{jt}$$

(3.15)

$$TFPE_{jt} = \frac{TFP_{jt}}{TFP_t^*} = \frac{Y_{jt}/X_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} = \frac{\bar{X}_{jt}}{X_{jt}} \times \frac{\hat{X}_{jt}}{\bar{X}_{jt}} \times \frac{Y_{jt}/\hat{X}_{jt}}{Y_t^*/X_t^*} = ITE_{jt} \times IME_{jt} \times RISE_{jt}$$

(3.16)

ITE_{jt} 는 투입 기술효율성(input-oriented technical efficiency), ISE_{jt} 는 투입 규모효율성(input-oriented scale efficiency), RME_{jt} 는 잔여 혼합효율성(residual mix efficiency), IME_{jt} 는 투입 혼합효율성(input-oriented mix efficiency), $RISE_{jt}$ 는 투입 잔여 규모효율성(residual input-oriented scale efficiency)을 의미한다.

투입 기술효율성(ITE_{jt})은 투입물 벡터의 구성과 비중이 고정되어 있을 때 관찰된 총 산출물(Y_{jt}) 하에서, 해당 연도에서의 관찰된 총 투입물(X_{jt}) 대비 최소 총 투입물(\bar{X}_{jt})의 비율을 의미한다.

투입 규모효율성(ISE_{jt})이란 규모수익불변 기술 수준에서 해당 연도의 최대 $TFP(Y_t^*/X_t^*)$ 대비, 관측된 산출물 수준에 해당하는 생산 경계상의 최대 $TFP(Y_{jt}/\bar{X}_{jt})$ 비율을 의미한다.

한편, 투입 기술효율성과 투입 규모효율성의 곱으로부터 투입 규모 혼합효율성(input-oriented scale mix efficiency, $ISME_{jt}$)이 도출되는

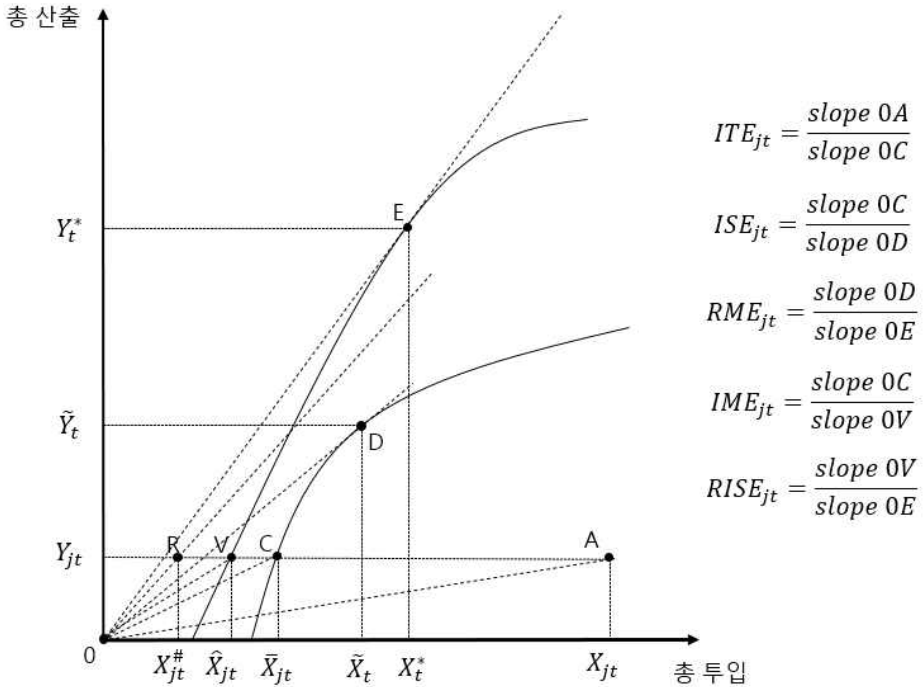
데, 이는 모든 관측치로부터 생성된 생산 경계상의 최대 $TFP(\tilde{Y}_t/\tilde{X}_t)$ 대비 관찰되는 $TFP(Y_{jt}/X_{jt})$ 비율을 의미한다.

혼합효율성(RME_{jt})은 산출물 기준과 마찬가지로 투입물 벡터와 산출물 벡터의 구성과 비중이 고정되어 있을 때의 최대 $TFP(Y_t^*/X_t^*)$ 대비 산출물의 구성 비중이 자유로운 생산경계에서의 최대 $TFP(\tilde{Y}_{jt}/\tilde{X}_{jt})$ 의 비율을 의미한다.

투입 혼합효율성(IME_{jt})은 투입물 구성 비중이 자유로운 생산경계 위에서 관찰된 총 산출물에 해당하는 투입물(\hat{X}_{jt}) 대비, 투입물과 산출물이 고정된 경우 관찰된 총 산출물에 해당하는 생산 경계상의 최소 투입물(\bar{X}_{jt})의 비율을 의미한다.

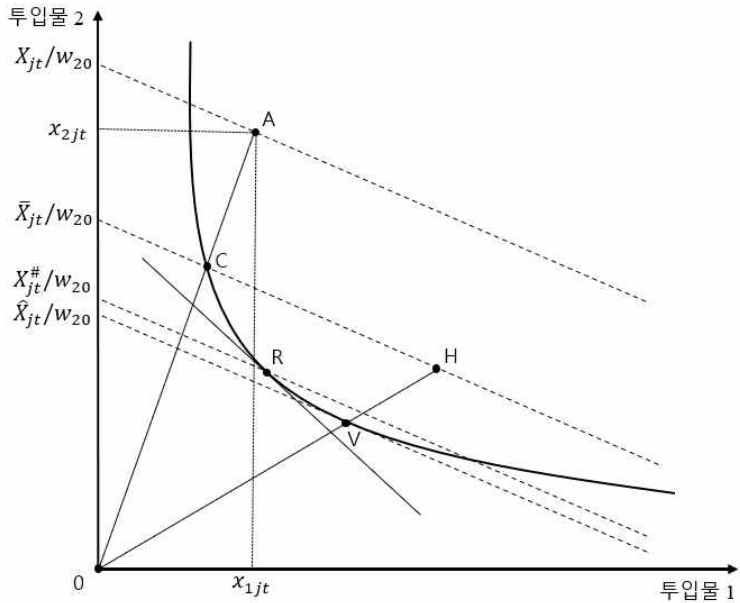
마지막으로, 투입 잔여 규모효율성($RISE_{jt}$)이란 투입물의 구성 비중을 제약하지 않는 생산경계에서, 최대 $TFP(Y_t^*/X_t^*)$ 대비 관찰된 산출물 수준에서의 $TFP(Y_{jt}/\hat{X}_{jt})$ 를 비교한다. 이러한 내용은 <그림 3-3>을 통해 확인할 수 있다.

<그림 3-3> 투입물 기준 효율성지표 개념(단일 투입물)



한편 <그림 3-3>에서 나타나는 투입물 기준 효율성지표 개념들은 산출물이 고정된 상태에서 다수의 투입물을 조정하여 생산성과 수익성을 극대화하는 과정에서 도출된다. <그림 3-4>에서는 산출물이 고정된 상태에서 투입물이 2가지 있는 경우를 예로 들어 2차원상에 투입물 집합의 경계로 표현함으로써, 투입물 기준 효율성지표들의 개념을 비교적 간단히 설명하고자 한다.

<그림 3-4> 투입물 기준 효율성지표 개념(다투입물)



$x_{jt} = (x_{1jt}, x_{2jt})'$ 를 t 기 j 번째 DMU가 사용한 투입물 벡터라 하고, $w_{jt} = (w_{1jt}, w_{2jt})'$ 를 t 기 j 번째 DMU가 생산한 투입물의 가격 벡터라 하자. Lowe 지수의 총 산출지수는 $X_{jt} = w_0'x_{jt} = w_{10}x_{1jt} + w_{20}x_{2jt}$ 와 같이 구할 수 있다. <그림 3-4>에서 투입물집합 경계에 접하고 있는 실선은 산출물 지표에서와 마찬가지로 등수입선(isorevenue line)을 의미하고, 해당 접선의 기울기는 $-w_{1jt}/w_{2jt}$ 이며 t 기의 투입물 상대가격을 의미한다. 한편 투입물 집합의 경계를 지나고 있는 평행인 점선들의 공통 기울기는 $-w_{10}/w_{20}$ 이고, 이는 기준연도의 상대가격으로서 Lowe 지수를 구축할 때 개별 투입물의 가중치가 된다. 현재 x_{jt} 를 투입하고 있는 j 번째 DMU가 투입물 비중이 고정된 상태에서 수입을 높이는 것은 A점에서 C점으로의 이동을 의미하며, 이때 총 투입은 X_{jt} 에서 \bar{X}_{jt} 로 하락하게 된다. 이는 투입물 비중을 유지하였을 때 같은 산출물 생산에 있어 투입물의 양이 줄어드는 상황이며, 순수한 기술효율성의 개선을 의미한다. 즉 $0A/0C$ 가 일종의 기술 효

율성(ITE_{jt})으로 측정될 수 있다는 것이다.

한편 투입물 구성 비중의 제약 없이, 투입물 집합 경계 위에서 t 기 투입물 가격 벡터($w_{jt} = (w_{1jt}, w_{2jt})'$)를 적용하였을 때 가장 높은 수입을 달성하는 점은 R이고, 이때의 총 투입은 $X_{jt}^{\#}$ 이다. 투입물 집합을 고려하였을 때 잔여 배분효율성은 $X_{jt}^{\#}$ 와 t 기에 산출물 구성 비중을 고정한 상태에서 기술 효율성이 달성되었을 때의 총 투입(\bar{X}_{jt})을 비교하는 지표가 된다. 한편 t 기의 생산경계에서, 기준가격 벡터가 w_0 일 때 가장 작은 투입물을 달성하는 점은 V이고 이때의 총 투입은 \hat{X}_{jt} 라고 할 수 있다. 이때 \hat{X}_{jt} 과 \bar{X}_{jt} 를 비교하는 지표가 투입 혼합효율성(input-oriented mix efficiency, OME_{jt})이다. \hat{X}_{jt} 과 \bar{X}_{jt} 모두 투입물집합 경계 위에 위치하는 투입물 조합으로부터 도출되며 전자와 달리 후자는 관찰된 투입물조합의 비중을 유지해야 한다. 즉 투입 혼합효율성은, 기술효율성이 이미 달성되었다는 가정 아래 투입물의 구성 비중으로부터 오는 비효율성을 계측하는 지표라고 할 수 있다.

산출물 기준 지표와 마찬가지로 총요소생산 효율성은 투입물 거리함수를 이용한 투입물 기준 효율성지표로도 분해할 수 있다 (O'Donnell, 2010; O'Donnell, 2008). 성재훈·추성민(2019)은 한국의 쌀 산업에 대해 Lowe 지수로 구축한 총요소생산성을 투입물기준 효율성 지표로 분해하였다. 이번 논문에서는 산출물기준 효율성지표 뿐만 아니라 투입물기준 효율성지표를 따로 도출함으로써 다양한 분석을 시도하였다. 한편 Lowe 지수로 총요소생산성을 구축하였을 때 투입물기준 효율성지표를 구하는 선형계획법은 O'Donnell,C.J.(2012b)에서 제시한 바를 변형하여 모형을 설계하였다.

$$ITE_{jt} = D_t^i(x_{jt}, y_{jt})^{-1} = \min_{\eta, \theta} \{ \eta : y_{jt} \leq Y\theta; X\theta \leq \eta x_{jt}; \theta' \iota = 1; \eta, \theta \geq 0 \}$$

(3.17)

($Y: 1 \times 9$ 산출물 행렬, $X: 4 \times 9$ 투입물 행렬, $\theta: 9 \times 1$ 벡터, $\iota: 9 \times 1$

단위벡터)

$$ISE_{jt} = \min_{\eta, \theta} \{ \eta : y_{jt} \leq Y\theta; X\theta \leq \eta x_{jt}; \eta, \theta \geq 0 \} / ITE_{jt} \quad (3.18)$$

$$\frac{Y_{jt}/X_{jt}}{Y_{jt}/\hat{X}_{jt}} = \frac{\text{slope } OA}{\text{slope } OV} = \min_{v, \theta} \left\{ \frac{w_0'v}{w_0'x_{jt}} : y_{jt} \leq Y\theta; X\theta \leq v; \theta' \iota = 1; v, \theta \geq 0 \right\} \quad (3.19)$$

$$IME_{jt} = \frac{\hat{X}_{jt}/X_{jt}}{ITE_{jt}} \quad (3.20)$$

$$TFP_t^* = \max_{\theta, z, \nu} \{ p_0'z : z \leq Y\theta; X\theta \leq \nu; w_0'v = 1; \theta' \iota = 1; \theta, z, \nu \geq 0 \} \quad (3.21)$$

(ν : 4×1 벡터)

투입물 기준 기술효율성을 구하는 식 (3.17)을 보면, 산출물 기준 기술효율성을 구하는 식 (3.10)과 달리 효율성지표에 역수를 취하지 않은 그대로의 값이 기술효율성이 된다는 점에 유의해야 한다. 또한, 해당 DMU의 산출물벡터(y_{jt})에 곱해진 계수를 계산해서 구하는 산출물 기준 효율성들과 달리, 투입물 기준 효율성들은 투입물벡터(x_{jt})에 곱해진 계수를 계산해서 얻을 수 있다.

제 4 장 분석 결과

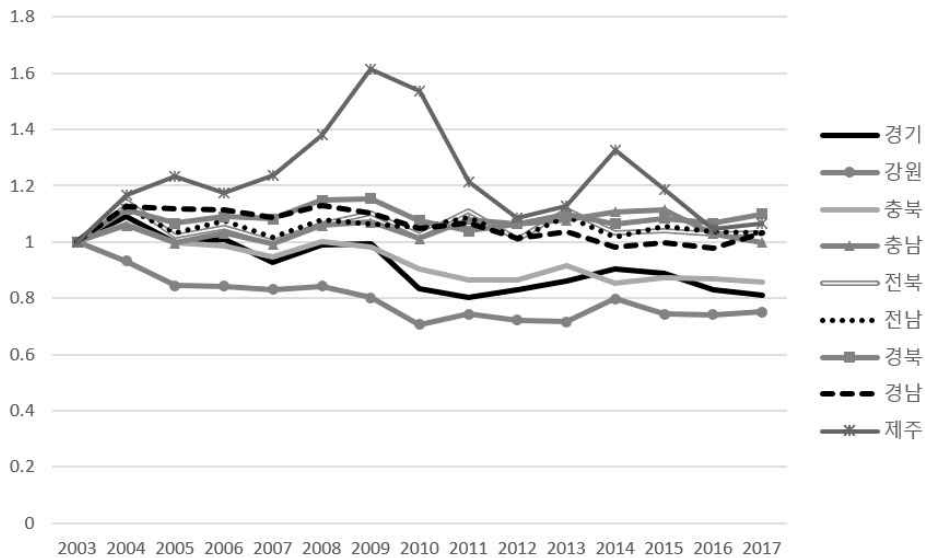
제 1 절 지역별 중요소생산성 지수 구축

1. 총 산출지수

튀크비스트 지수로 지역별 5개(미곡, 식량작물, 채소류, 과일 및 특작, 축산)의 산출물 지수를 구축하고, 이러한 5개의 산출물 지수를 각각의 품목으로 하여 Lowe 지수로 총 산출지수를 도출한 결과는 <그림 4-1>로 나타난다. 튀크비스트 지수로 구축한 5개의 산출물 지수는 부록의 <부표 1>~<부표 5>에 제시되어 있다.

튀크비스트 지수의 기준 연도는 2003년으로서, 2003년에 모든 지역의 산출량이 같다는 가정 아래 2003년 이후 지역별로 각 농업 산출물이 얼마나 변동해 왔는지를 보여준다. 그 결과 제주 지역은 2007년 이후 2003년 대비 가장 높은 총 산출지수의 성장을 보이고, 강원 의 경우 2003년 이후 가장 저조한 성장을 나타내고 있다.

<그림 4-1> 지역별 총 산출지수
총 산출지수(2003=1)

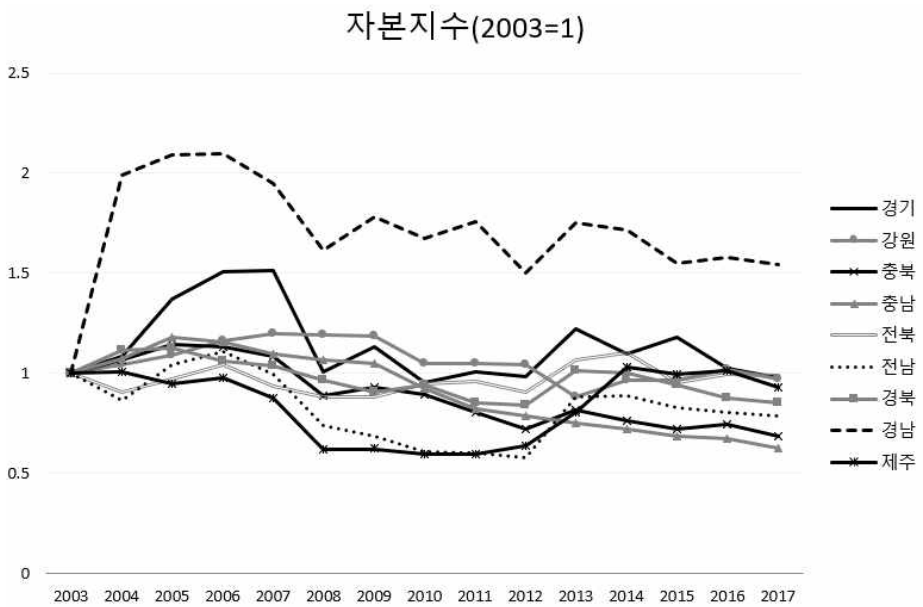


2. 총 투입지수

턴크비스트 지수로 구축한 지역별 4개의 투입물 지수(자본, 노동, 토지, 중간재)는 <그림 4-2>~<그림 4-5>로 나타난다. 턴크비스트 지수를 구축할 때 기준연도는 총 산출지수를 구축할 때와 마찬가지로 2003년으로 정하여, 2003년에 모든 지역에서 4개의 투입물 사용량이 같다는 가정 아래 2003년 이후 지역별로 투입량이 얼마나 변동해 왔는지 확인할 수 있다.

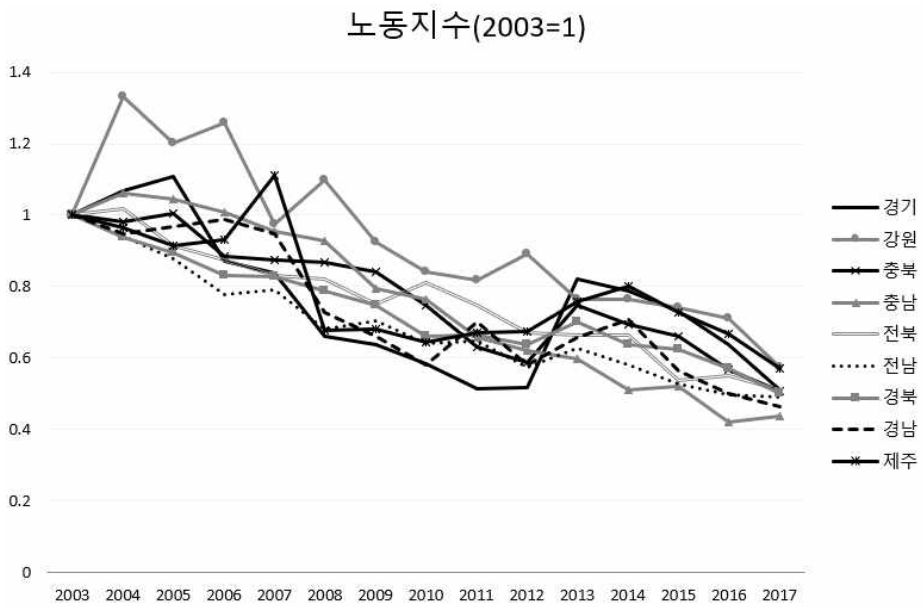
<그림 4-2>에 따르면 자본 지수(K)의 경우 경남 지역의 증가가 두드러지며, 특히 2003~2004년에 2배 가량의 증가(1.00 → 1.99)가 있었음이 확인된다. 해당 기간에서 높은 지수가 도출된 이유는, 자본 항목의 원자료인 『농가경제조사』의 무형자산 항목이 2003년에 음의 값(-17천원)으로 집계되는 반면, 다음 연도인 2004년에서 양의 값(1,225천원)으로 집계되고 있기 때문이다.

<그림 4-2> 지역별 총 자본지수



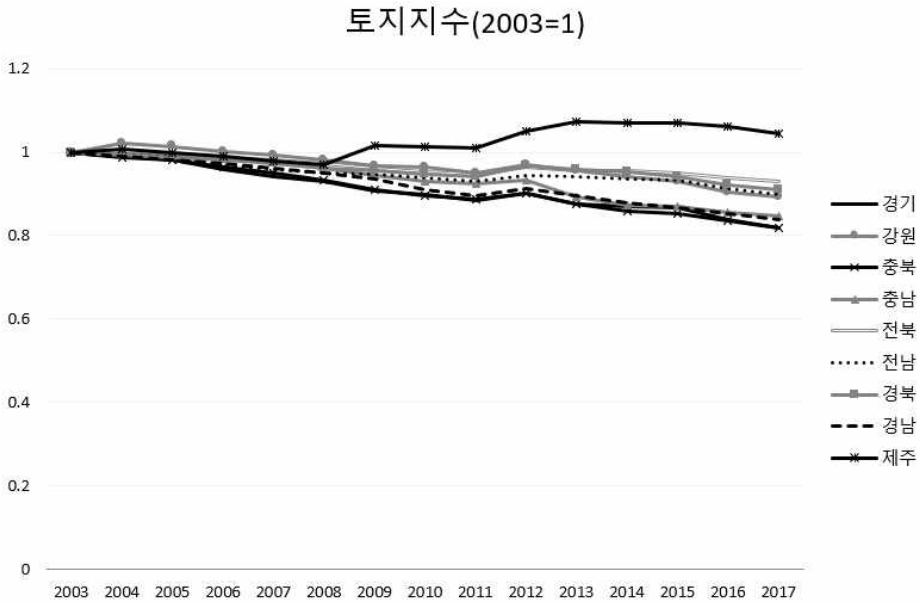
<그림 4-3>에서도 나타나듯 노동 지수(L)는 모든 지역에 걸쳐 전반적인 감소를 보이고 있다. 한편, 2003~2004년 강원 지역에서 큰 폭의 증가(1 → 1.33)가 두드러지며, 이는 2006~2007년 비슷한 폭의 감소(1.26 → 0.97)로 이어진다. 또한 2007~2008년에 제주 지역에서 큰 폭의 노동 지수 감소세(1.11 → 0.68)가 나타나는데, 이는 2012~2013년 다시 큰 폭의 증가세(0.68 → 0.76)로 이어진다.

<그림 4-3> 지역별 총 노동지수



토지 지수(A)는 <그림 4-4>에서 확인할 수 있듯이, 다른 지수에 비해 분석 기간 큰 변화가 나타나지 않는다. 다만 2009년 이후 제주 지역이 나머지 지역보다 높은 토지 투입의 증가가 나타났음을 알 수 있다.

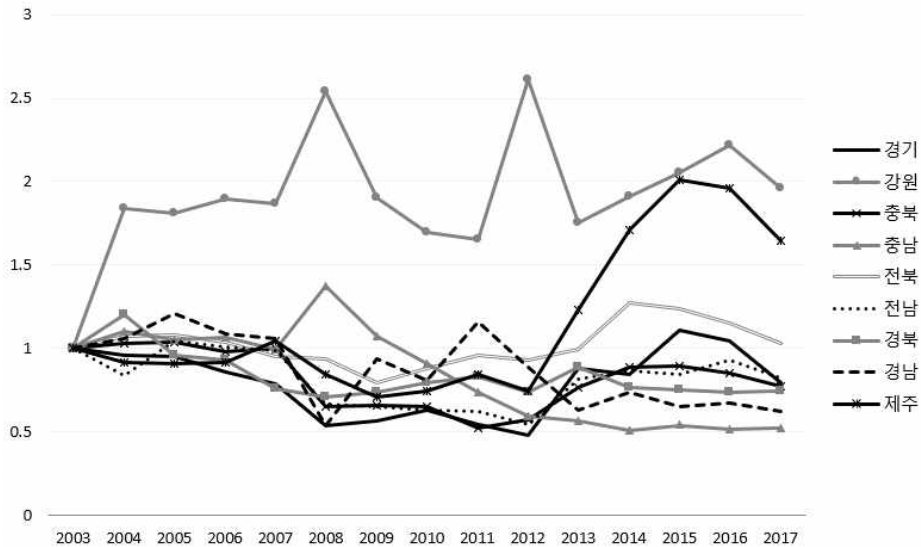
<그림 4-4> 지역별 총 토지지수



마지막으로, 중간재 지수(M)는 <그림 4-5>에 제시되어 있다. 중간재 지수는 강원과 제주 지역에서 큰 등락을 나타내고 있다. 강원 지역의 연도별 등락이 다른 지역에 비해 더 크게 나타나며, 제주 지역은 2012~2015년 동안 중간재 투입이 큰 폭으로 증가하고 있다(0.74 → 2.01). 강원 지역 중간재 지수가 앞뒤 연도에 비해 크게 나타나는 연도는 2004년, 2008년, 2012년이다. 2004년에는 중간재를 구성하는 『농가경제조사』의 모든 원자료 항목이 전년 대비 증가한 가운데, 농약비(68천원 → 574천원)와 광열비(253천원 → 525천원)의 증가가 두드러진다. 2008년, 2012년의 경우 나머지 항목은 전년 대비 2배 미만의 변화를 보여주지만, 사료비에서 전년 대비 2배 이상의 증가(2007~2008년 2,136천원 → 6,149천원; 2011~2012년 3,926천원 → 8,141천원)를 나타낸 것이 지수 증가의 가장 큰 원인이 되었다. 한편, 제주 지역은 2013년에 비료비와 농약비를 제외한 모든 항목에서 전년 대비 2배 이상의 성장을 보였으며, 특히 사료비가 5배 이상

라 해당 연도 지수의 높은 성장을 견인하였다.

<그림 4-5> 지역별 총 중간재지수
중간재지수(2003=1)

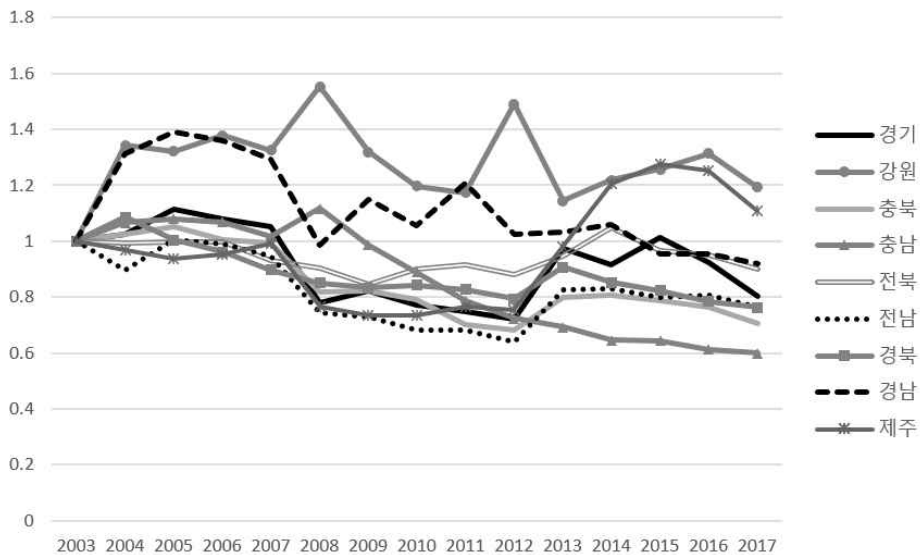


한편, 구축된 4개의 투입물 지수(자본, 노동, 토지, 중간재)를 바탕으로 최종적인 Lowe *TFP* 지수를 구축하기 위한 총 투입 지수를 구축하여야 한다. Lowe *TFP* 지수는 식 (4.1)과 같고, 이때 총 투입 지수는 각 투입물 지수 벡터와 각 투입물 지수의 기준가격을 가중치로 한 벡터를 내적하여 구축된다. 이를 바탕으로 한 지역별 총 투입지수는 <그림 4-6>에 제시되어 있다.

$$TFP_{jt} = \frac{p_0 Y_{jt}}{w_0 X_{jt}} \quad (4.1)$$

$$(p_0 = \begin{bmatrix} p_0^1 \\ p_0^2 \\ p_0^3 \\ p_0^4 \\ p_0^5 \end{bmatrix}, X_{jt} = \begin{bmatrix} Y_{jt}^1 \\ Y_{jt}^2 \\ Y_{jt}^3 \\ Y_{jt}^4 \\ Y_{jt}^5 \end{bmatrix}, w_0 = \begin{bmatrix} w_0^K \\ w_0^L \\ w_0^A \\ w_0^M \end{bmatrix}, X_{jt} = \begin{bmatrix} K_{jt} \\ L_{jt} \\ A_{jt} \\ M_{jt} \end{bmatrix})$$

<그림 4-6> 지역별 총 투입지수
총 투입지수(2003=1)

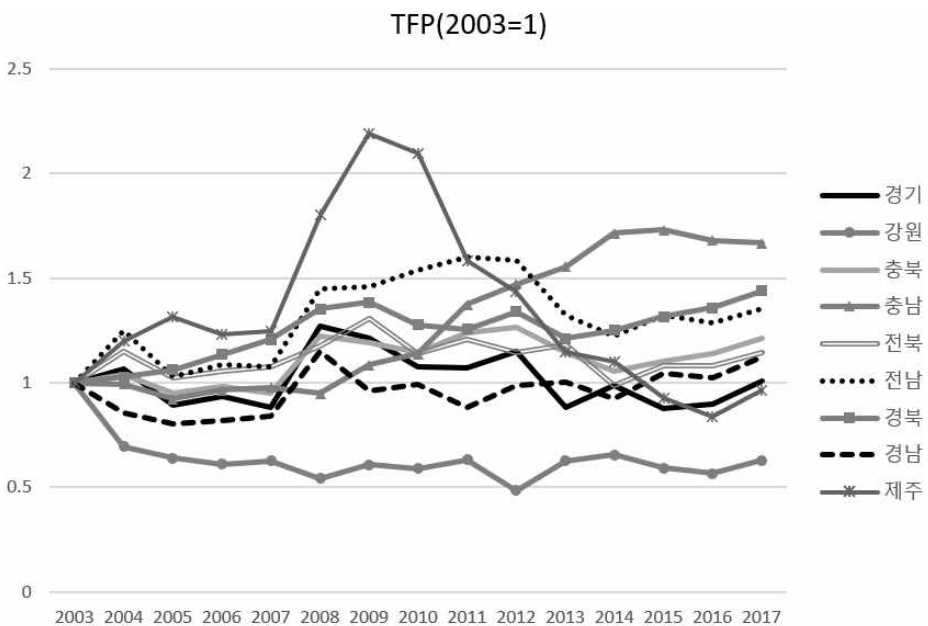


<그림 4-6>에서도 확인할 수 있듯, 총 투입지수는 전국 평균적으로 음의 연평균 성장률(-1.13%)을 보인다. 한편, 이러한 평균적 경향성과 달리 2003~2004년에 강원과 경남 지역에서 가파른 상승(29.45%; 27.28%)을 보인다. 강원 지역의 경우 해당 기간에 높은 중간재 지수의 성장(60.99%)이 높은 총 투입지수 성장의 주요 원인이 되는 한편, 경남 지역은 해당 기간동안 높은 자본 지수의 성장(68.96%)이 두드러진 총 투입지수 성장의 가장 큰 요인이다.

3. 총요소생산성 지수 구축

Lowe 지수를 이용하여 계측한 지역별 총요소생산성 추이를 그래프로 나타내면 <그림 4-7>과 같다.

<그림 4-7> 지역별 총요소생산성



분석에 앞서, 이번 논문에서의 지수 도출은 톨크비스트 지수로 구축된 산출물과 투입물을 바탕으로 하므로 연쇄 지수라는 톨크비스트 지수의 특성상 기준 연도에는 모든 지역의 산출물과 투입물이 같아진다는 점에 유의해야 한다. 그러므로 여기서는 지수의 연평균 변화율을 도출함으로써 더 면밀한 분석이 이루어질 수 있도록 하였다.

이때 서로 다른 두 년도 s 와 t 의 연평균 증가율을 계측하는 방법으로는 식 (4.2)을 이용하였다.

$$\Delta \ln Q \equiv \ln(Q_t/Q_s)/(t-s) \quad (4.2)$$

이와 같은 방법의 장점은 크게 두 가지가 있다. 첫째, 각각의 지역에 해당하는 지수들의 연평균 증가율을 평균함으로써 우리나라 전체에 해당하는 지수의 연평균 증가율을 도출할 수 있다는 것이다. 둘째, 특정 지수를 이루는 요소가 되는 지수들의 연평균 증가율을 더하는 것만으로도 해당 지수의 연평균 증가율을 도출할 수 있다는 것이다.²⁾

2003년 기준으로 총요소생산성을 측정한 결과, 2003년부터 2017년까지 전국 연평균 총요소생산성 변화율은 0.90%로 완만하게 성장하고 있다. 지역별로 연평균 총요소생산성 변화율은 다음의 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 연평균 총요소생산성 변화율

지역	연평균 TFP 성장률
경기	0.06%
강원	-3.31%
충북	1.38%
충남	3.66%
전북	0.98%
전남	2.16%
경북	2.61%
경남	0.82%
제주	-0.29%
전국평균	0.90%

2) 이와 같은 성질을 가산성(additivity) 이라고 한다(O'Donnell, 2012; 정재훈·추성민, 2019)

한편, 분석 대상이 되는 연도를 『농가경제조사』의 모집단 변동을 기준으로 총 세 개의 기간으로 나누어 총요소생산성 연평균 변화율을 자세히 분석하면 다음과 같다.

<표 4-2> 기간별 총요소생산성 변화율

지역	2003~2007년	2008~2012년	2013~2017년
경기	-3.13%	-2.48%	3.29%
강원	-11.69%	-2.79%	0.16%
충북	-1.21%	0.89%	1.41%
충남	-0.57%	10.97%	1.75%
전북	1.87%	-0.68%	-0.68%
전남	-1.25%	2.29%	0.56%
경북	4.67%	-0.21%	4.32%
경남	-4.34%	-3.81%	2.78%
제주	5.51%	-5.66%	-4.49%
전국평균	-1.13%	-0.16%	1.01%

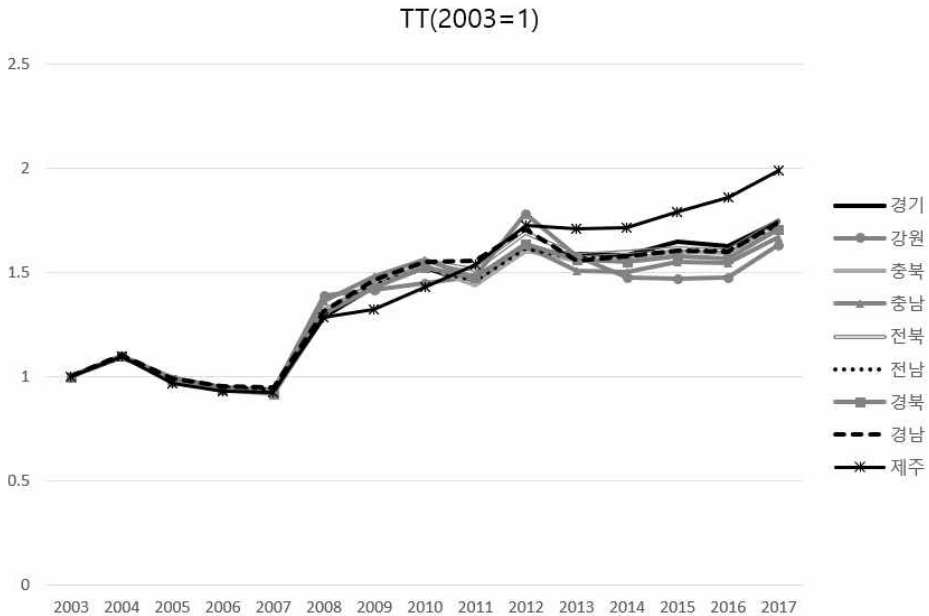
전국 평균을 보면 첫 번째 기간(2003~2007년)과 두 번째 기간(2008~2012년)은 음의 총요소생산성 성장률(-1.13%; -0.16%)을 보이는 한편, 마지막 기간 (2013~2017년)에서는 양의 성장률(1.01%)을 보인다.

첫 번째 기간에서 가장 큰 폭의 변화율을 보이는 지역은 강원으로, 연평균 -11.69%대의 성장률을 보인다. 이는 강원 지역의 해당 기간 총 산출지수 성장(-0.07%)이 작게 나타나는 데 반해 큰 총 투입지수의 성장(29.45%)이 나타나기 때문이다. 다음으로, 두 번째 기간에서 가장 큰 폭의 성장률을 나타내는 지역은 충남으로 연평균 10.97%의 성장률에 해당한다. 마지막으로 세 번째 기간에는 제주 지역에서 가장 큰 폭의 변화율(-4.49%)을 보인다.

4. 교역조건 지수와 TFP 효율성지표 구축

<그림 4-8>에 제시된 교역조건 지수를 보면 교역조건 지수는 평균적으로 상승(3.96%)하여, 농가의 교역조건이 개선되었다고 해석할 수 있다. 한편 2008년까지 교역조건 지수의 지역별 차이가 두드러지지 않는 데 반해 2009년 이후 제주 지역을 필두로 지역별 값의 차이가 드러남을 알 수 있다. 이번 논문에서는 지역별로 자료를 구축해야 하는 데이터의 특성상 모든 DMU가 같은 가격에 직면한다고 가정하였다. 그 결과, 교역조건 지수는 총요소생산성 지수만큼 지역별 차이가 크게 나타나지 않는다. 다만 지역별로 산출물과 투입물 조합의 차이가 존재하므로, 각 품목이나 투입 항목이 지수 구축에 있어 차지하는 비중과 가격에 따라 지역별 차이가 나타나게 된다.

<그림 4-8> 지역별 교역조건 지수



한편, 이후 등장할 생산성 지수 분해를 위해 도입한 총요소생산성 효율성($TFPE$)를 구하는 과정에서 도출되는 값들을 정리한다. 먼저, 해당 연도의 생산경계에서 달성 가능한 가장 높은 TFP 인 TFP_t^* (Maximum TFP, 최대 총요소생산성)와, TFP_t^* 대비 실제 TFP 의 비율을 나타내는 $TFPE$ (total factor productivity efficiency)는 식 (4.3)로 나타나며, 계측 결과는 <표 4-3>과 같다. <표 4-3>에서 각 연도별로 가장 높은 $TFPE$ 에 해당하는 수치를 밑줄로 표시하였다.

$$TFPE_{jt} = \frac{TFP_{jt}}{TFP_t^*} \quad (4.3)$$

분석 기간 동안 지역별로 가장 높은 연평균 $TFPE$ 를 보이는 지역은 제주이며, 가장 낮은 연평균 $TFPE$ 에 해당하는 지역은 강원이다. 또한, 위의 결과를 종합한 $PROF$, TT , TFP , TFP^* , $TFPE$ 각 지수의 2003~2017년 연평균 성장률 값이 <표 4-4>에 제시되어 있다. 전국에 해당하는 2003~2017년 동안 생산성 지수($PROF$)는 연평균 4.86%로 성장해 왔는데, 이는 TFP 의 성장보다(0.90%) 교역조건 지수(TT)의 성장(3.96%)에 더 큰 영향을 받는 것으로 드러났다. 한편 해당 기간 생산성 지수의 가장 높은 성장을 보이는 지역은 충남(7.33%)이고, 충남은 역시 연평균 TFP 성장률이 가장 높은 지역이기도 하다(3.66%). 한편, 교역조건 지수의 가장 높은 성장을 보이는 지역은 제주(4.92%)이다.

<표 4-3> 지역·연도별 TFPE

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	지역평균
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	0.85	0.56	0.83	0.79	0.92	<u>1.00</u>	0.82	0.69	0.96	0.82
2005	0.68	0.49	0.72	0.70	0.78	0.78	0.81	0.61	<u>1.00</u>	0.73
2006	0.76	0.50	0.79	0.78	0.85	0.88	0.92	0.66	<u>1.00</u>	0.79
2007	0.71	0.50	0.76	0.78	0.86	0.86	0.97	0.67	<u>1.00</u>	0.79
2008	0.70	0.30	0.68	0.53	0.65	0.80	0.75	0.64	<u>1.00</u>	0.67
2009	0.55	0.28	0.54	0.49	0.60	0.67	0.63	0.44	<u>1.00</u>	0.58
2010	0.51	0.28	0.55	0.54	0.54	0.73	0.61	0.47	<u>1.00</u>	0.58
2011	0.67	0.40	0.77	0.86	0.76	<u>1.00</u>	0.79	0.55	0.99	0.75
2012	0.72	0.31	0.80	0.93	0.72	<u>1.00</u>	0.85	0.62	0.91	0.76
2013	0.57	0.40	0.74	<u>1.00</u>	0.76	0.85	0.78	0.65	0.74	0.72
2014	0.58	0.38	0.62	<u>1.00</u>	0.58	0.71	0.73	0.54	0.64	0.64
2015	0.51	0.34	0.64	<u>1.00</u>	0.62	0.76	0.76	0.60	0.54	0.64
2016	0.53	0.34	0.68	<u>1.00</u>	0.65	0.77	0.81	0.61	0.50	0.65
2017	0.60	0.38	0.73	<u>1.00</u>	0.69	0.81	0.86	0.67	0.58	0.70
연평균	0.66	0.43	0.72	0.83	0.73	0.84	0.81	0.63	0.86	

<표 4-4> 지역별 수익성, 교역조건, 총요소생산성 효율성지표 연평균 변화율

	$PROF = TT \times TFP$	TT	TFP	TFP^*	$TFPE = TFP / TFP^*$
경기	4.05%	3.99%	0.06%	3.66%	-3.35%
강원	0.20%	3.51%	-3.31%	3.66%	-6.50%
충북	5.23%	3.86%	1.38%	3.66%	-2.13%
충남	7.33%	3.67%	3.66%	3.66%	0.00%
전북	4.98%	4.00%	0.98%	3.66%	-2.50%
전남	6.08%	3.92%	2.16%	3.66%	-1.40%
경북	6.43%	3.82%	2.61%	3.66%	-0.98%
경남	4.77%	3.95%	0.82%	3.66%	-2.65%
제주	4.63%	4.92%	-0.29%	3.66%	-3.68%
지역평균	4.86%	3.96%	0.90%	3.66%	-2.58%

제 2 절 효율성지표 도출과 총요소생산성 분해

1. 산출물 기준 효율성지표 분석

<표 4-5>는 각 지역 농업의 총요소생산성을 구성하는 산출물 기준 효율성지표들을 계측한 결과로, 지표의 2003~2017년 연평균 값을 제시하고 있다. 산출물을 기준으로 계측한 효율성지표들은 산출 기술효율성(*OTE*), 산출 규모효율성(*OSE*), 산출 혼합효율성(*OME*), 잔여 혼합효율성(*RME*), 산출 잔여 규모효율성(*ROSE*)이다. 한편, 산출 규모 혼합효율성(output-oriented scale mix efficiency, *OSME*)는 *OSE*와 *RME*의 곱 또는 *OME*와 *ROSE*의 곱으로 나타낼 수 있다.

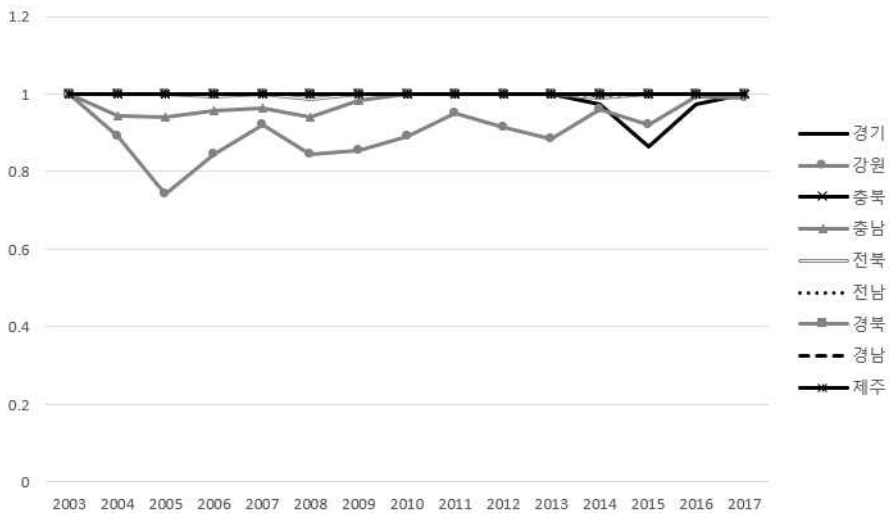
<표 4-5> 지역별 연평균 산출물 기준 효율성지표

지역	<i>OTE</i>	<i>OSE</i>	<i>OME</i>	<i>RME</i>	<i>ROSE</i>
경기	0.99	0.94	0.98	0.71	0.68
강원	0.91	0.99	0.76	0.48	0.60
충북	1.00	0.96	1.00	0.75	0.72
충남	0.98	1.00	0.96	0.84	0.87
전북	1.00	0.99	0.94	0.74	0.78
전남	1.00	0.99	0.98	0.85	0.85
경북	1.00	1.00	0.97	0.81	0.83
경남	1.00	1.00	0.98	0.63	0.64
제주	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86
전국평균	0.99	0.99	0.95	0.74	0.76

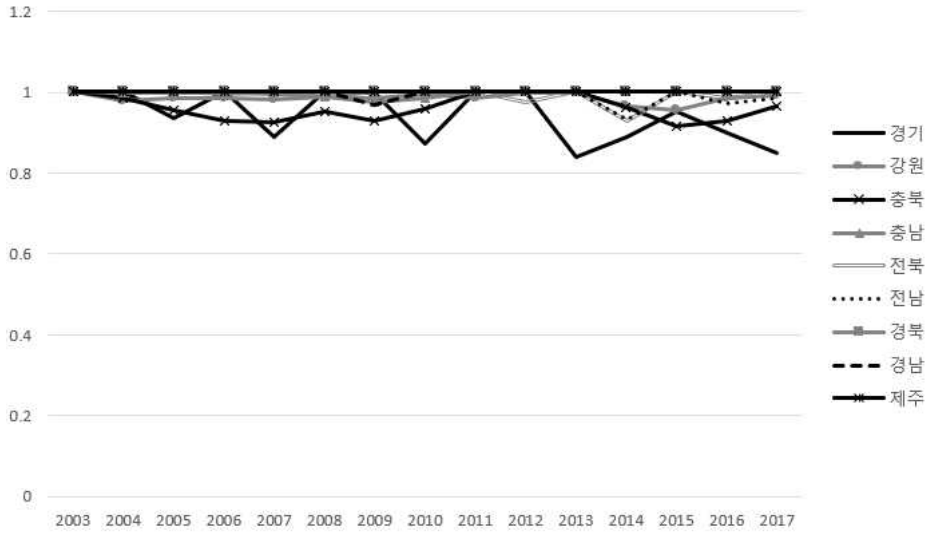
위의 효율성지표들은 앞서 3장에서 보인 바와 같이 총요소생산성을 구성하는 요소들이다. 도출된 수치들을 보면, 경기, 강원, 충남을 제외하고 제외한 모든 지역에서 완전한 기술효율성을 기록하고 있어 생산경계 상에 위치하거나 근접한 지점에서 생산이 이루어지고

있음을 알 수 있다. 규모효율성 역시 전국 평균 0.99의 값으로, 우리나라 농업의 생산기술이 규모수익불변의 특징을 가짐을 의미한다. 혼합효율성 역시 전국 평균 0.95로 높은 값이지만 기술효율성이나 규모효율성보다는 낮으며, 특히 강원 지역에서 0.76의 비교적 낮은 값이 도출된다. 지역별로 2003~2017년에 대해 계산된 효율성지표를 계산한 그래프는 <그림 4-9>~<그림 4-13>에 제시되어 있다.

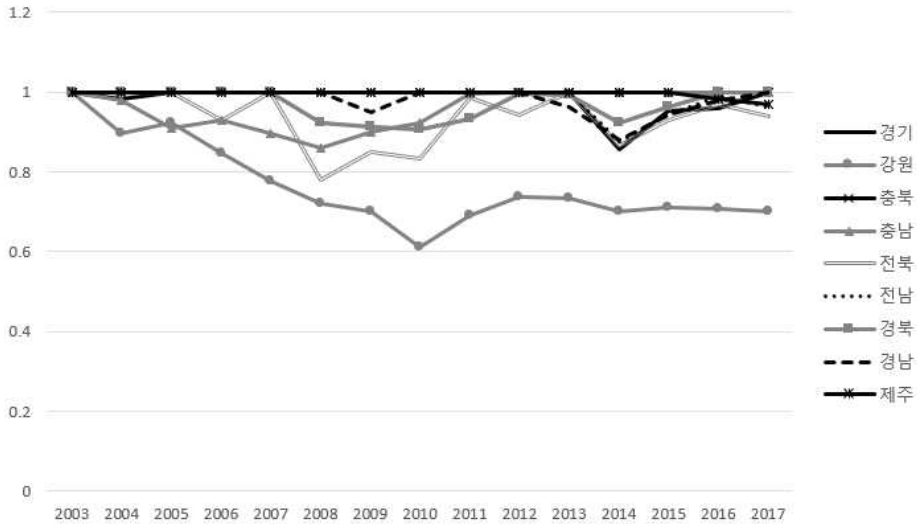
<그림 4-9> 지역별 산출 기술효율성
OTE(2003=1)



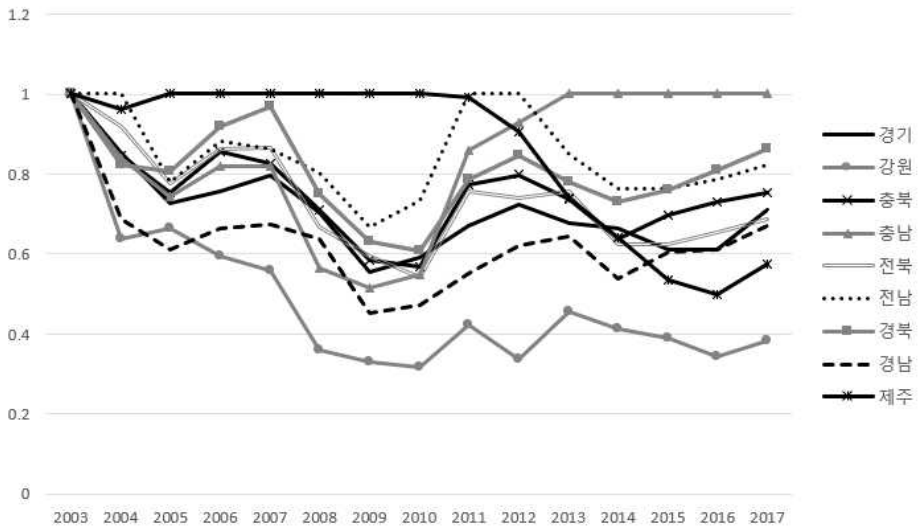
<그림 4-10> 지역별 산출 규모효율성
OSE(2003=1)



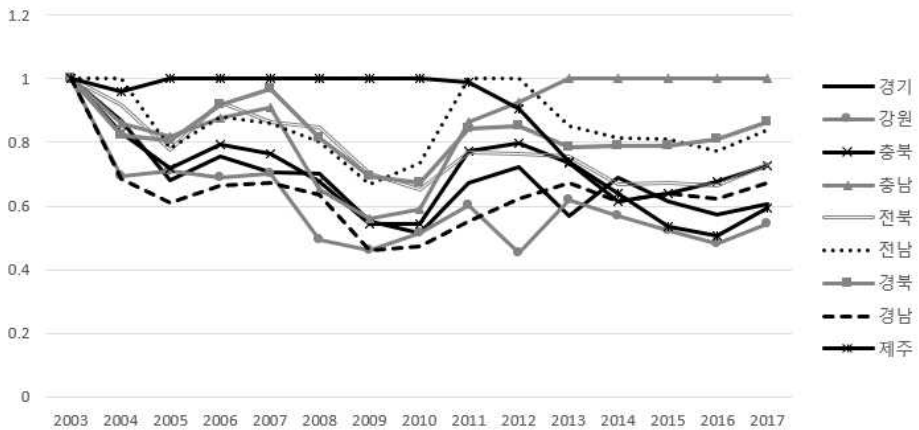
<그림 4-11> 지역별 산출 혼합효율성
OME(2003=1)



<그림 4-12> 지역별 잔여 혼합효율성
RME(2003=1)



<그림 4-13> 지역별 산출 잔여 기술효율성
ROSE(2003=1)



위의 <그림 4-9>~<그림 4-13>을 통해 지역별 산출물 기준 효율성 관련 지표들의 변동과 차이를 확인할 수 있다. 해당 지표들은 산출물 지수와 투입물 지수 모두 2003년을 기준으로 하고 있으므로,

2003년에는 모두 1의 값을 가지게 된다는 특징이 있다. 즉, 2003년을 모든 지역에 걸쳐 효율성이 온전히 달성되는 시점으로 보고, 이후 연도에 대한 효율성지표를 해당 지역이 프론티어에서 떨어진 정도를 평가하는 지표로 해석해야 한다.

<그림 4-9>의 산출 기술효율성(*OTE*)의 경우 대부분 연도와 지역에서 1의 값을 가져, 기술효율성의 달성 수준이 비교적 높음을 확인할 수 있다. 한편 2005년 강원 지역은 전 기간을 통틀어 유일하게 0.8 미만의 기술효율성을 보이는 지역이며, 이후 2014년까지는 가장 낮은 기술효율성 값이 도출된다. 한편 <그림 4-10>의 산출 규모효율성(*OSE*) 역시 대부분 연도와 지역에서 1에 근접한 값이 도출되어 비교적 규모효율성이 높게 달성되고 있음을 확인할 수 있다. 매년 완전한 산출 기술효율성과 규모효율성을 달성하는 지역은 경북, 경남, 제주이다.

<그림 4-11>의 산출 혼합효율성(*OME*)은 평균적으로 1의 값에 근접하나, 기술효율성과 규모효율성에 비해서는 비효율성이 큰 것으로 나타난다. 특히 강원 지역의 혼합효율성이 다른 지역에 비해 낮아 (0.76) 산출물 조합의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

앞서 언급한 바와 같이 위의 효율성 관련 지표들은 2003년을 기준으로 하므로, 더욱 의미 있는 결과를 도출하기 위해서는 위 지표들의 변화율을 분석할 필요가 있다. 아래 <표 4-6>는 해당 효율성 지표들의 2003~2017년 변화율을 분석한 결과이다. Δ 은 해당 효율성지표의 2003~2017년 연평균 변화율을 의미한다. 한편 *TFPE*는 식 (3.9)에 의해 *OTE*, *OME*, *ROSE*의 곱으로 분해할 수 있다. 이는 식 (4.2)에서 설명한 가산성 성질에 따라, *TFPE* 성장률을 해당 효율성 지표들의 성장률 합으로 표현할 수 있기 때문이다. 한편, 2003년에 모든 효율성지표의 값이 1로 도출되는 것은, 2003년이 기준 연도로서 모든 지역의 산출물과 투입물 지수를 1로 가정하게 되어 지역별 차이가 존재하지 않게 되기 때문이다.

<표 4-6> 연평균 산출물 기준 효율성지표 분해

지역	TFPE			OTE			OME			ROSE		
	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ
경기	1.00	0.60	-3.6%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.60	-3.4%
강원	1.00	0.38	-7.0%	1.00	0.99	-0.1%	1.00	0.70	-2.5%	1.00	0.54	-4.1%
충북	1.00	0.73	-2.3%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.73	-2.1%
충남	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%
전북	1.00	0.69	-2.7%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.94	-0.4%	1.00	0.73	-2.1%
전남	1.00	0.81	-1.5%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.96	-0.3%	1.00	0.84	-1.2%
경북	1.00	0.86	-1.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.86	-1.0%
경남	1.00	0.67	-2.8%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.67	-2.6%
제주	1.00	0.58	-3.9%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.97	-0.2%	1.00	0.59	-3.5%
평균	1.00	0.70	-2.8%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.95	-0.4%	1.00	0.73	-2.2%

*TFPE*를 보면, 2003년과 2017년에 최대 총요소생산성 값에 해당하는 지역인 충남을 제외한 모든 지역에서 0.9 미만의 비교적 낮은 *TFPE* 값을 보여준다. 특히 강원 지역의 값이 가장 크게 하락하였으며(0.38), 이는 연평균 -7.0%대 성장률에 해당한다. 전국적으로 *TFPE*는 연평균 -2.8%대의 성장률을 기록하였다.

한편 산출 기술효율성(*OTE*)의 경우 2017년 대부분 지역에서 1의 값이 도출되어, 우리나라의 영농이 전반적으로 생산경계 위에서 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

산출 혼합효율성(*OME*)의 경우 2017년에 강원, 전북, 전남, 제주 지역을 제외한 나머지 지역에서 1의 값을 보이고, 전국 평균 *OME* 값이 0.95를 기록하여 산출물 조합의 효율성 수준이 비교적 높은 것을 확인할 수 있다. 한편, 강원 지역은 0.70의 가장 낮은 혼합효율성 값을 기록하고 있다. 이때 강원 지역의 연평균 혼합효율성 성장률은 -2.5%대이다.

TFPE 변동의 나머지 부분을 차지하는 산출 잔여 규모효율성(*ROSE*)의 경우, 지표의 전국 평균값은 2003년의 73%대 수준이다. 이 중 가장 낮은 *ROSE* 성장률에 해당하는 지역은 강원으로, 연평균 -4.1%대의 성장률 하락세가 나타난다.

TFPE 성장률은 *OTE*, *OME*, *ROSE* 성장률의 합으로 분해할 수 있다. 2003~2017년 동안 *TFPE*는 -2.8%의 연평균 성장률을 보이는데, 이 중 -0.4%는 *OME*, 나머지는 *ROSE* 성장으로부터 비롯된다. 이는 순수한 기술효율성(*OTE*)보다는, *OME*와 *ROSE*의 곱으로 나타나는 규모 혼합효율성(*OSME*)의 변화가 *TFPE* 변화에 더 큰 부분을 차지하고 있음을 말해준다.

한편, 투입물의 원자료가 되는 『농가경제조사』는 5년 기준으로 패널 변동이 발생한다. 이러한 불연속성으로 인한 왜곡을 최소화하고, 구간별 효율성지표의 성장률을 좀 더 면밀히 계측하기 위해 『농가경제조사』의 조사 대상 변동 연도를 기준으로 분석 기간을 4개의 구간으로 나누어 구간별 효율성 성장률을 계측하였다. 이번

논문에서는 곱의 완비성을 갖춘 Lowe 지수로 총요소생산성을 계측 하였으므로, 총요소생산성을 여러 효율성지표로 분해할 수 있다. 산출물 기준의 효율성지표를 계측하였을 때, 식 (3.9)에서 TFP 가 TFP^* , OTE , OME , $ROSE$ 의 곱으로 표현하였던 점을 고려하면 총요소생산성 변화율은 다음과 같이 분해할 수 있다.

$$\Delta TFP = \Delta TFP^* + \Delta OTE + \Delta OME + \Delta ROSE \quad (4.4)$$

아래 <표 4-7>에 제시된 각각의 지수 또는 지표들은 해당 지수 또는 지표의 변화율을 의미하는 것이며, 퍼센트(%) 단위로 계측되었다. 또한, 해당 기간 가장 높은 연평균 TFP 성장률에 해당하는 수치에는 밑줄을 그어 표시하였다.

<표 4-7> 기간별 산출물 기준 효율성지표 변화율(%)

지역	2003~2007					2008~2012					2013~2017				
	TFP	TFP*	OTE	OME	ROSE	TFP	TFP*	OTE	OME	ROSE	TFP	TFP*	OTE	OME	ROSE
경기	-3.1	5.5	0.0	0.0	-8.6	-2.5	-3.2	0.0	0.0	0.7	3.3	1.7	0.0	0.0	1.5
강원	<u>-11.7</u>	5.5	-2.1	-6.3	-8.8	-2.8	-3.2	1.9	0.6	-2.1	0.2	1.7	2.8	-1.2	-3.2
충북	-1.2	5.5	0.0	0.0	-6.7	0.9	-3.2	0.0	0.0	4.1	1.4	1.7	0.0	0.0	-0.3
충남	-0.6	5.5	-0.9	-2.7	-2.4	<u>11.0</u>	-3.2	1.5	3.8	8.9	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0
전북	1.9	5.5	0.0	0.0	-3.6	-0.7	-3.2	0.4	4.7	-2.6	-0.7	1.7	0.0	-1.6	-0.9
전남	-1.3	5.5	0.0	0.0	-2.3	2.3	-3.2	0.0	0.0	5.5	0.6	1.7	0.0	-0.9	-0.3
경북	4.7	5.5	0.0	0.0	-0.8	-0.2	-3.2	0.0	1.9	1.1	4.3	1.7	0.0	0.2	2.4
경남	-4.3	5.5	0.0	0.0	-9.9	-3.8	-3.2	0.0	0.0	-0.6	2.8	1.7	0.0	1.0	0.1
제주	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0	-5.7	-3.2	0.0	0.0	-2.5	<u>-4.5</u>	1.7	0.0	-0.8	-5.5
평균	-1.1	5.5	-0.3	-1.0	-4.8	-0.2	-3.2	0.4	1.2	1.4	1.0	1.7	0.3	-0.4	-0.7

<표 4-7>에 따르면 첫 번째 구간에 해당하는 2003~2007년과 두 번째 구간에 해당하는 2008~2012년에는 연평균 음의 *TFP* 성장률이 나타나고(-1.1%; -0.2%), 마지막 구간인 2013~2017년에는 양의 *TFP* 성장률(1.0%)이 나타난다.

첫 번째 구간인 2003~2007년에는 전국 평균적으로 *TFP*가 연평균 -1.1%의 변화율을 보인다. 이러한 변화의 요인 중 하나인 최대 총요소생산성(*TFP*^{*}) 증가율은 5.5%로 비교적 큰 양의 값이지만, 나머지 효율성 지표들의 변화율 값이 모두 음이 나와 *TFP*^{*} 증가 효과를 압도하였다. 한편 강원은 해당 기간 가장 낮은 기술효율성과 혼합효율성 성장률을 보이는 지역이며, 이는 강원이 2003~2007년에 9개 지역 중 가장 낮은 *TFP* 성장률을 기록하는 결과로 이어졌다. 특히 강원 지역의 낮은 산출 혼합효율성 증가율(-6.3%)이 두드러지는데, 이는 해당 기간 강원 지역의 산출물 중 축산 부문이 다른 지역에 비해 음의 성장이 두드러지기 때문이다. 2003~2007년 강원 지역 축산 턴크비스트 수량지수 성장률은 -17.94%인데 반해, 강원을 제외한 나머지 지역의 성장률 평균은 3.74%이다.

두 번째 구간인 2008~2012년의 *TFP*는 전국 평균 -0.2%의 비교적 작은 변화율을 보인다. 나머지 효율성 지표들이 양의 성장률을 보이는 가운데 *TFP*^{*}은 -3.2%로 감소하고 있어, 음의 *TFP* 성장률에 가장 큰 영향을 끼쳤다. *TFP*^{*}의 증감은 기술 발전 외부의 요소에서도 영향을 받을 수 있어, 음의 *TFP*^{*} 성장률이 도출된 것에는 다양한 원인을 제시할 수 있다(성재훈·추성민, 2019). 한편 해당 기간 충남의 높은 *TFP* 성장률(11.0%)이 두드러지는데, 이 기간 충남의 기술효율성과 혼합효율성 성장률은 두 번째로 높으며(1.5%; 3.8%), 산출 잔여 규모효율성(*ROSE*) 성장률은 가장 높은 수치(8.9%)에 해당한다. 한편, 가장 높은 기술효율성 성장을 보이는 지역은 강원(1.9%)이고, 가장 높은 혼합효율성 성장을 보이는 지역은 전북(4.7%)이다.

세 번째 구간인 2013~2017년의 *TFP*는 전국 평균 1.0%의 연평균 성장률을 보인다. 이에는 *TFP*^{*}의 증가(1.7%)가 큰 부분을 차지한

다. 해당 구간에서 가장 큰 폭의 TFP 성장률을 보이는 지역은 제주 (-4.5%)인데, TFP^* 를 제외한 나머지 효율성지표들이 비교적 큰 폭으로 음의 성장을 함으로써, 양의 TFP^* 성장률을 압도하였다.

2. 투입물 기준 효율성지표 분석

<표 4-8>는 각 지역 농업의 총요소생산성을 구성하는 투입물 기준 효율성지표들을 측정한 결과로, 지수의 2003~2017년 연평균 값을 제시하고 있다. 투입물을 기준으로 측정된 효율성지표들은 투입 기술효율성(ITE), 투입 규모효율성(ISE), 투입 혼합효율성(IME), 잔여 혼합효율성(RME), 투입 잔여 규모효율성($RISE$)이다.

<표 4-10> 지역별 연평균 투입물 기준 효율성지표

지역	ITE	ISE	IME	RME	$RISE$
경기	1.00	0.93	0.84	0.71	0.79
강원	0.97	0.93	0.63	0.48	0.68
충북	1.00	0.96	0.90	0.75	0.80
충남	1.00	0.98	0.91	0.84	0.90
전북	1.00	0.99	0.97	0.74	0.76
전남	1.00	1.00	0.99	0.85	0.86
경북	1.00	1.00	0.97	0.81	0.83
경남	1.00	1.00	0.88	0.63	0.72
제주	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86
전국평균	0.99	0.98	0.90	0.74	0.80

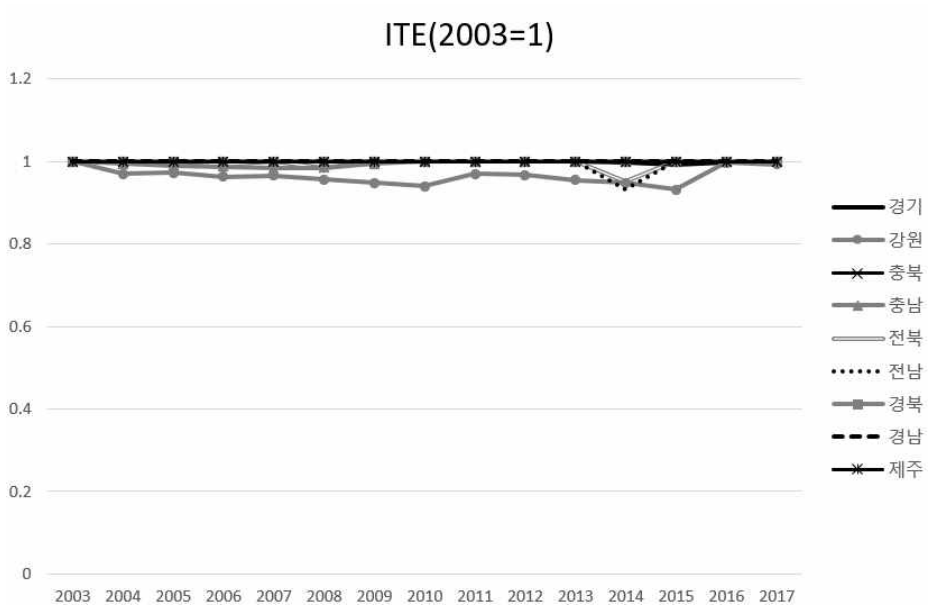
투입물 기준 거리함수를 이용할 때에도 총요소생산성 효율성($TFPE$)을 다양한 효율성 구성요소로 분해할 수 있다. <표 4-10>에서 도출된 수치들을 보면, 모든 지역의 연평균 기술효율성과 규모효율성이 각각 0.9 이상을 기록하여 생산경계 상에 위치하거나 근접한

지점에서 생산이 이루어지며, 우리나라 농업 기술이 규모수익불변의 특성을 가짐을 알 수 있다. 특히 전남, 경북, 전남, 제주에서 1에 근접한 값이 도출되어, 남쪽 지역들을 중심으로 생산기술의 규모수익불변이 나타남을 확인할 수 있다.

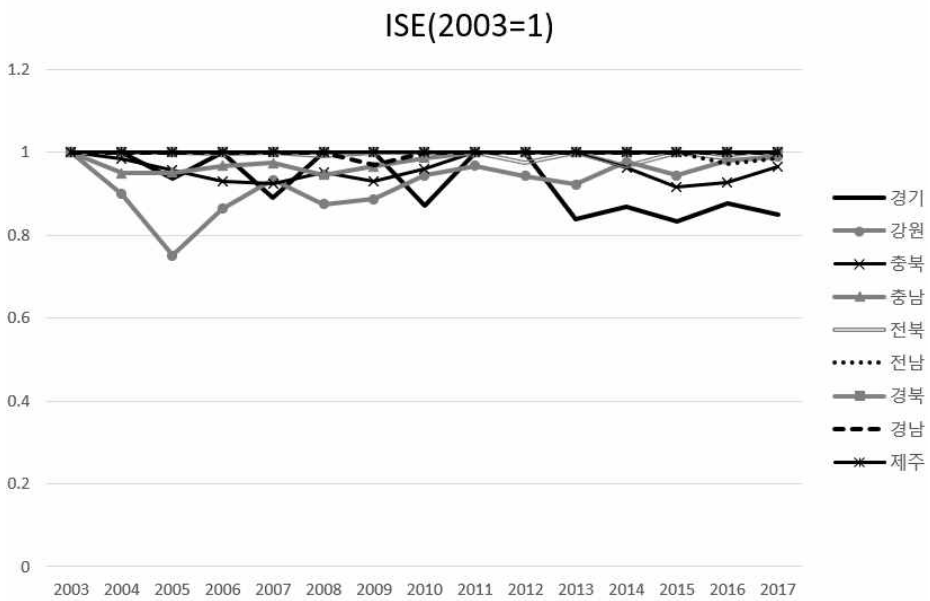
잔여 혼합효율성(RME)의 경우 산출물 기준 효율성지표를 계산할 때와 정확히 같은 값이 도출되는데, 이는 RME 가 개념상 실증적으로 도출된 생산경계에서의 최대 TFP 와, 산출물과 투입물 비중을 제약하지 않는 생산경계에서의 최대 TFP 를 비교하고 있어 산출물 기준이든 투입물 기준이든 간에 같은 값을 계산하게 되기 때문이다.

투입물 기준 효율성지표 계산에서는 투입물 조합의 효율성을 평가하는 혼합효율성(IME)을 통해 투입물 조합의 비효율성을 포착해낼 수 있다. 이러한 투입 혼합효율성(IME)의 전국 평균은 0.90으로 높은 수치이긴 하나 기술효율성이나 규모효율성 수치에 비해서는 낮은 편이다. 지역별로 보면 혼합효율성 지표의 값은 제주가 가장 높고(1.00) 강원이 가장 낮으며(0.63), 다른 효율성 지표들에 비해 지역별 격차가 크다. 지역별로 2003~2017년에 대해 계산된 효율성지표를 계산한 그래프는 <그림 4-14>~<그림 4-18>에 제시되어 있다.

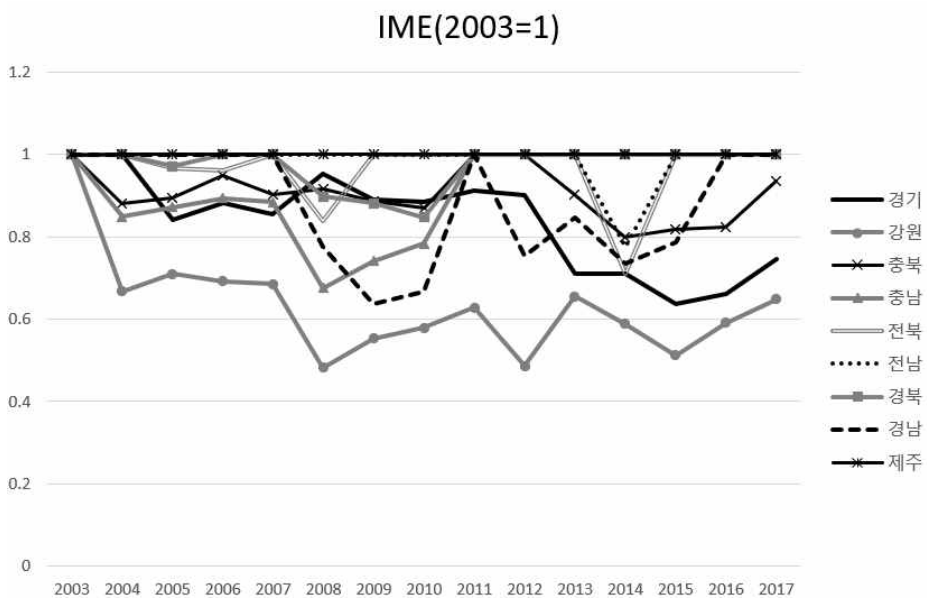
<그림 4-14> 지역별 투입 기술효율성



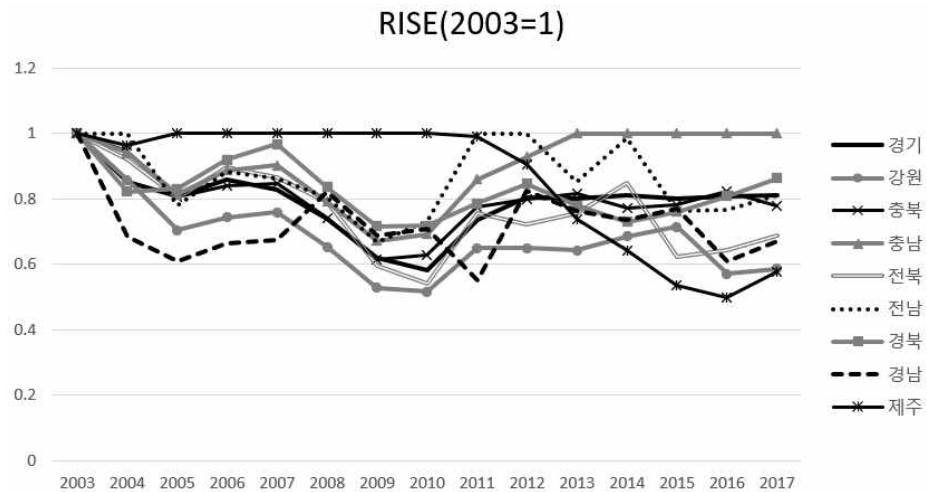
<그림 4-15> 지역별 투입 규모효율성



<그림 4-16> 지역별 투입 혼합효율성

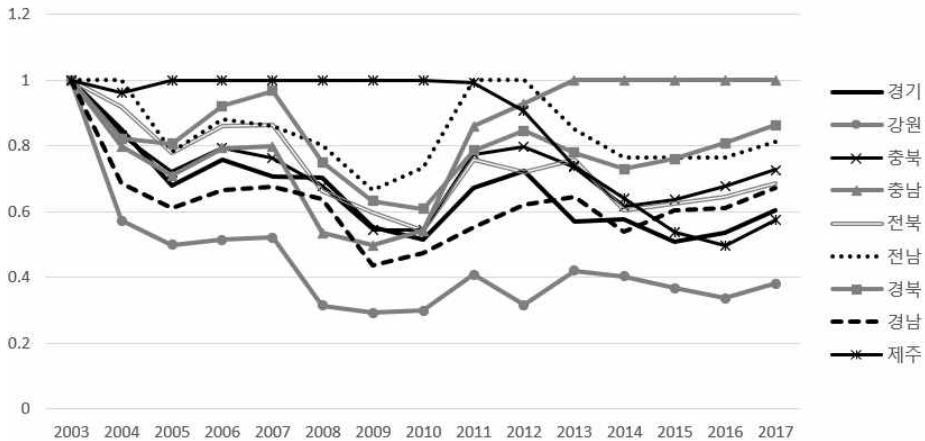


<그림 4-17> 지역별 투입 잔여 규모효율성



<그림 4-18> 지역별 투입 규모 혼합효율성

ISME(2003=1)



위의 <그림 4-14>~<그림 4-18>을 통해 지역별 투입물 기준 효율성 관련 지표들의 변동과 차이를 확인할 수 있다. 해당 지표들은 산출물 기준 효율성지표를 구할 때와 마찬가지로 산출물 지수와 투입물 지수 모두 2003년 기준으로 디플레이트 되어 있으므로, 2003년에는 모두 1의 값을 가지게 된다.

투입 기술효율성(ITE)의 경우 산출물 기준 효율성지표의 경우와 비슷하게 대부분 연도와 지역에서 1의 값을 가져, 우리나라의 경우 전반적으로 생산경계 위에서 영농이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한, 산출 기술효율성(OTE)의 경우 강원 지역이 일부 연도에서 0.8 미만의 비교적 낮은 기술효율성이 도출된 것과 달리, 투입물 기준으로 측정할 때에는 모든 지역이 0.9 이상의 기술효율성을 보여준다. 그러나 절대적인 기술효율성 크기 차이에도 불구하고 강원 지역이 전반적으로 가장 낮은 기술효율성 수치를 보인다는 점은 산출물과 투입물 기준 효율성 측정에서 공통으로 나타나는 특성이다.

투입 규모효율성(ISE)은 대부분 연도와 지역에서 1의 값이 도출되어 산출물 기준으로 분석할 때와 유사한 추이를 보이나, 투입 규모 효율성의 전반적인 변동이 더 크게 나타나고 있다. 한편, 산출 혼합

효율성(*OME*)과 마찬가지로 투입 혼합효율성(*IME*)은 투입 기술효율성과 규모효율성에 비해 지역별 차이가 크고 다른 효율성지표에 비해 전반적으로 낮은 값이 도출된다.

위의 투입물 기준 효율성 관련 지표들 역시 2003년에 생산경계에 있음을 가정하므로, 더욱 의미 있는 결과를 도출하기 위해 위 지표들의 변화율을 분석한다. 아래 <표 4-9>는 해당 효율성 지표들의 2003~2017년 연평균 변화율을 분석한 결과이다. <표 4-9>에서 Δ 은 해당 효율성지표의 2003~2017년 연평균 변화율을 의미한다. 한편, *TFPE* 변화율은 (3.16) 식에 의해 *ITE*, *IME*, *RISE* 변화율의 합으로 분해할 수 있다.

<표 4-9> 연평균 투입물 기준 효율성지표 분해

지역	<i>TFPE</i>			<i>ITE</i>			<i>IME</i>			<i>RISE</i>		
	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ	2003	2017	Δ
경기	1.00	0.60	-3.6%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.75	-2.1%	1.00	0.81	-1.5%
강원	1.00	0.38	-7.0%	1.00	0.99	-0.1%	1.00	0.65	-3.1%	1.00	0.59	-3.8%
충북	1.00	0.73	-2.3%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.93	-0.5%	1.00	0.78	-1.8%
충남	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%
전북	1.00	0.69	-2.7%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.69	-2.7%
전남	1.00	0.81	-1.5%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.81	-1.5%
경북	1.00	0.86	-1.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.86	-1.1%
경남	1.00	0.67	-2.8%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.67	-2.8%
제주	1.00	0.58	-3.9%	1.00	1.00	0.0%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.58	-3.9%
평균	1.00	0.70	-2.8%	1.00	1.00	0.0%	1.00	0.93	-0.6%	1.00	0.75	-2.1%

투입 기술효율성의 경우 2017년 대부분 지역에서 1의 값이 도출되어 생산경계 위에서 영농이 이루어짐을 확인할 수 있다. 한편, 투입 혼합효율성은 2017년에 경기, 강원, 충북 지역을 제외하고 나머지 지역에서 온전한 혼합효율성에 해당하는 1의 값이 도출되어, 비교적 남쪽 지역을 중심으로 더 효율적인 투입이 이루어짐이 드러났다. 한편 가장 낮은 혼합효율성을 보이는 지역은 강원인데, 이는 연평균 성장률 -3.1%대에 대응한다. 한편 2017년 전국 평균의 규모효율성 값은 0.93이며, 이는 규모효율성 지표가 연평균 -0.6%로 하락해 왔음을 의미한다.

마지막으로 투입 잔여 규모효율성(*RISE*)은 완전한 효율성을 가정하는 2003년 대비 75%대 수준을 보이고 있다. 이 중 가장 높은 *RISE* 값을 보여주는 지역은 충남으로, 2017년에도 1에 근접한 값이 도출된다. 한편, 가장 낮은 *RISE* 값에 해당하는 지역은 제주인데, 2017년 0.58로 연평균 -3.9%대의 성장률에 해당한다.

산출물 기준의 효율성지표를 계측하였을 때 *TFP*가 *TFP**, *OTE*, *OME*, *ROSE*의 곱으로 표현하였을 때처럼, 투입물 기준으로 효율성지표를 계측할 때 *TFP*는 *TFP**, *ITE*, *IME*, *RISE*의 곱으로 표현할 수 있다. 이를 반영하면 총요소생산성 변화율은 산출물 기준 효율성 지표 계측 시보다 더 상세하게 분해할 수 있다.

$$\Delta TFP = \Delta TFP^* + \Delta ITE + \Delta IME + \Delta RISE \quad (4.5)$$

한편, 산출물 기준 효율성지표 분해할 때와 마찬가지로, 5년 기준으로 패널 변동이 발생하는 『농가경제조사』의 한계를 인식하고 이로부터 오는 왜곡을 최소화하고자 5년 간격으로 효율성지표 연평균 성장률을 계측하였다. <표 4-10>는 <표 4-7>와 마찬가지로 각각의 지수 또는 지표들은 해당 지수 또는 지표의 변화율을 의미하는 것이며, 퍼센트(%) 단위로 계측되었다.

<표 4-10> 기간별 투입물 기준 효율성지표 변화율(%)

지역	2003~2007					2008~2012					2013~2017				
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i> [*]	<i>ITE</i>	<i>IME</i>	<i>RISE</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i> [*]	<i>ITE</i>	<i>IME</i>	<i>RISE</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i> [*]	<i>ITE</i>	<i>IME</i>	<i>RISE</i>
경기	-3.1	5.5	0.0	-4.0	-4.7	-2.5	-3.2	0.0	-1.4	2.1	3.3	1.7	0.0	1.2	0.4
강원	<u>-11.7</u>	5.5	-0.9	-9.4	-6.9	-2.8	-3.2	0.3	0.2	-0.1	0.2	1.7	1.0	-0.2	-2.3
충북	-1.2	5.5	0.0	-2.5	-4.2	0.9	-3.2	0.0	2.2	1.9	1.4	1.7	0.0	0.9	-1.2
충남	-0.6	5.5	-0.4	-3.1	-2.6	<u>11.0</u>	-3.2	0.4	9.8	4.0	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0
전북	1.9	5.5	0.0	0.0	-3.6	-0.7	-3.2	0.4	4.4	-2.3	-0.7	1.7	0.0	0.0	-2.4
전남	-1.3	5.5	0.0	0.0	-2.3	2.3	-3.2	0.0	0.0	5.5	0.6	1.7	0.0	0.0	-1.2
경북	4.7	5.5	0.0	0.0	-0.8	-0.2	-3.2	0.0	2.7	0.3	4.3	1.7	0.0	0.0	2.6
경남	-4.3	5.5	0.0	0.0	-9.9	-3.8	-3.2	0.0	-0.7	0.1	2.8	1.7	0.0	4.2	-3.2
제주	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0	-5.7	-3.2	0.0	0.0	-2.5	<u>-4.5</u>	1.7	0.0	0.0	-6.2
평균	-1.1	5.5	-0.1	-2.1	-3.9	-0.2	-3.2	0.1	1.9	1.0	1.0	1.7	0.1	0.7	-1.5

첫 번째 구간인 2003~2007년에는 전국 평균 *TFP*가 연평균 -1.1%의 성장률을 보인다. 이러한 변화의 요인을 최대 중요소생산성(*TFP*^{*}), 기술효율성(*ITE*)과 혼합효율성(*IME*), 잔여 규모효율성(*RISE*)로 나누어서 살펴보면, 산출물 기준으로 효율성지표를 계측했을 때보다 혼합효율성 성장의 영향이 커졌음을(-1.0% → -2.1%) 알 수 있다. 즉, *TFP* 증가에 있어 재배방식의 개선 등 투입물 조합의 효율성을 높일 방안을 고려할 필요가 있다는 것이다. 한편 해당 기간 강원 지역은 가장 낮은 기술효율성과 혼합효율성 성장률을 보이며, 중요소생산성 성장률 역시 가장 낮다. 특히 강원 지역의 낮은 투입 혼합효율성 증가율(-9.4%)이 두드러지는데, 이는 해당 기간 강원 지역의 투입물 중 중간재가 다른 지역에 비해 크게 증가하기 때문이다. 2003~2007년 강원 지역 축산 톤크비스트 수량지수 성장률은 15.62%인데 반해, 강원을 제외한 나머지 지역의 성장률 평균은 -1.51%이다.

두 번째 구간인 2008~2012년에 전국 평균 *TFP* 성장률이 음의 값을 가지게 된 것은 *TFP*^{*} 성장에 기인한 바가 크다. 이전 구간과 달리 기술효율성 등 전국 평균 효율성지표 성장률이 양수로 도출되나, *TFP*^{*} 하락폭이 이보다 크기(-3.2%) 때문이다. 이 구간에서 가장 높은 *TFP* 성장률을 가지는 지역은 충남인데, 나머지 지역 대비 높은 혼합효율성 성장률이 높은 *TFP* 성장률로 이어진 것으로 보인다. 전국 평균 혼합효율성 성장률이 1.9%인데 반해 충남의 혼합효율성 성장률은 9.8%에 달하기 때문이다. 즉 2008~2012년 동안 충남이 다른 지역에 비해 더 큰 투입물 조합 개선을 이루었다고 해석할 수 있다. 이는 투입물 중 중간재 지수의 하락이 가장 큰 영향을 끼쳤다. 2008~2012년 중간재 지수를 보면 충남이 연평균 -20.89%의 성장률로 가파르게 하락하는 한편, 나머지 지역의 평균 성장률은 -0.04%로 충남에 미치지 못함을 확인할 수 있다.

세 번째 구간인 2013~2017년의 전국 평균 *TFP* 성장률은 산출물 기준 효율성지표 계측 때와 마찬가지로 *TFP*^{*}의 증가(1.7%)가 가장

큰 비중을 차지한다. 전국 평균 기술효율성은 0.1%의 연평균 성장률을 보이며 혼합효율성은 0.7%, 잔여 규모효율성은 -0.3%대 성장률을 보인다. 한편 해당 구간에서 가장 큰 폭의 *TFP* 변화를 보이는 지역은 제주(-4.5%)인데, 산출물 기준 계측과 마찬가지로 기술효율성과 혼합효율성의 변화가 적어 비교적 큰 폭의 잔여 기술효율성 변화(-6.2%)로부터 큰 폭의 총요소생산성 변화가 야기되었다고 해석할 수 있다.

제 5 장 요약 및 결론

본 논문의 연구는 한국 농업의 지역별 생산성 변화 추이를 계측하고 이를 다양한 효율성 지표로 분해하여 생산성 변화의 요인을 규명하고자 하였다. 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

먼저 Lowe 지수로 구축된 2003~2017년에 걸친 한국 농업의 총요소생산성(*TFP*)은 전국적으로 연평균 0.90%의 성장률을 보인다. 지역별로는 강원, 제주 지역에서는 음의 성장률이 도출되고 나머지 지역에서는 양의 성장률이 도출되었다. 이를 바탕으로 수익성과 교역조건 지표를 분석하면, 2003~2017년 동안 우리나라 *TFP* 보다는 교역조건 개선이 우리나라 농업의 수익성 개선에 더 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

한편, 자료포락분석(data envelopment analysis, DEA)이라는 선형계획법을 통해 *TFP*를 구성하는 다양한 효율성지표를 산출물 방향거리함수와 투입물 방향거리함수를 이용하여 각각 도출하였다. 계측 결과, 2003~2017년 동안 기술효율성과 규모효율성은 대부분 지역에서 1에 가까운 값이 도출되었다. 이는 산출물 또는 투입물의 비중을 고정했을 때 도달 가능한 생산경계에서 생산이 이루어지며, 우리나라 농업 생산기술이 규모수익불변의 특징을 가진다는 것을 의미한다. 한편, 혼합효율성 역시 전국평균 0.9 이상이 도출되었으나, 강원 지역의 경우 연평균 *OME*가 0.76, 연평균 *IME*가 0.63으로 도출되어 다른 지역에 비해 산출물 또는 투입물 조합의 개선이 필요한 것으로 드러났다.

다음으로는 Lowe 지수로 구축된 지역별 *TFP*를 위에서 구한 다양한 효율성지표로 분해함으로써 농업 부문의 *TFP* 변동 요인을 분석하였다. 이때, 투입물의 원자료가 되는 『농가경제조사』의 모집단이 5년 단위로 바뀌는 것을 고려하여 분석 대상 연도를 2003~2007년, 2008~2012년, 2013~2017년으로 구분하였다.

분석 결과 2003~2007년에는 *TFP*는 연평균 음의 성장률을 보인다. 해당 기간 높은 *TFP** 성장률이 나타나나, 기술효율성을 비롯한 나머지 지표들이 더욱 감소하여 *TFP* 감소에 영향을 미쳤다. 한편 해당 기간 가장 낮은 *TFP* 성장을 보이는 지역은 강원인데, 분석 결과 낮은 혼합효율성이 가장 큰 영향을 끼치고 있는 것으로 드러났다. *OME*의 경우 축산 수량지수에서 큰 폭의 감소가, *IME*는 중간재 수량지수에서 큰 폭의 증가가 그 원인으로 파악되었다.

한편 나머지 두 기간인 2008~2012년과 2013~2017년에는 *TFP** 감소가 *TFP*의 감소에 큰 영향을 끼친 것으로 나타났다. *TFP**는 기후변화와 같은 생산기술 이외의 요인 역시 반영하고 있으므로, 이 기간동안 *TFP* 변동의 원인을 규명하는 것에는 어려움이 있다. 다만, 2008~2012년의 *TFP** 하락세에는 2010~2012년 우리나라를 강타한 콘파스, 볼라벤 등 대규모 태풍과 호우 피해가 환경적 측면의 영향으로 작용했을 가능성이 존재한다.

이번 논문은 크게 두 가지 의의가 있다. 첫째, 하나의 품목이 아닌 농업 전체에 대해 생산성을 분석함으로써 한국 농업 전체의 생산성 변동을 파악할 수 있게끔 하였다는 점이다. 둘째, *TFP* 지수를 공급의 완비성을 지닌 Lowe 지수로 구축함으로써, 총요소생산성 변화 요인을 다양한 효율성지표의 변화로 계측 및 분해하였다는 점이다. 이는 농업부문 전체의 총요소생산성 변화 요인을 규명하고 지역별 농업 격차를 밝힘으로써 각 지역의 농업 전략 수립에 근거로 사용될 수 있다. 또한 이러한 방법론은 농업부문뿐 아니라 다양한 산업에 적용되어 생산성 변화 요인을 분석하는 데 활용될 수 있을 것이다.

한편 이번 논문의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 투입물 지수의 원자료가 되는 『농가경제조사』가 5년 단위로 표본을 개편하여 완전한 연속성 확보에 한계가 있다는 점이다. 이번 논문에서는 5년 단위의 표본 변동과 관계없이, 9개 지역이 각각의 의사결정단위(DMU)로서 매년 연속성이 확보되는 것으로 가정하였다. 그러나 이렇게 가

정하였을 경우 표본 갱신 연도에 일부 지수가 큰 변동을 보이는 문제가 발생하였다. 추후 연구에서는 원자료 개선 등 표본 갱신으로 인한 연속성 상실 문제를 해결하여 연구의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

둘째, 비모수적 분석의 한계로서, 생산함수 파라미터를 바탕으로 한 다양한 모수적 분석이 어려웠다는 점이다. 이번 논문에서는 한국 농업 생산기술에 대한 최소한의 가정만으로 생산성 변동 요인 분해를 진행하였다는 의의가 있다. 다만 특정 생산함수 형태를 가정하였다면 환경적 요인 등 농업 생산에 미치는 다양한 영향을 고려할 수 있었을 것이다.

마지막으로, 9개 지역을 DMU로 하여 생산경계를 도출하다 보니, DMU 개수가 다소 적어 대부분 지역이 생산경계에 위치하는 것으로 도출되는 등 효율성지표의 변동이 비교적 작게 관측된다. 추후 연구에서는 지역별로 농업 생산성을 분석하더라도, 미시 데이터를 활용함으로써 보다 면밀한 분석이 이루어지도록 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강혜정(2013). “복합영농의 범위 경제성 및 생산효율성 분석”, *농촌경제*, 36(4): 79-92.
- 권오상·강혜정(2005). “농업가족노동의 잠재임금 추정”, *농업경제연구*, 46(4): 143-165.
- 권오상·반경훈·윤지원(2015). “한국 농업 KLAM자료의 구축과 생산성 변화 요인 분석”, *농업경제연구*, 56(3): 69-103.
- 권오상·김용택(2000b). “한국 농업의 생산성 변화 계측 : 1971~98”, *농업경제연구*, 41(1): 1-30.
- 권오상(1997). “한국 미작농가의 생산기술 분석: 비모수적 방법을 이용한 효율성 분석을 중심으로”, *경제학연구*, 45(4): 4251-4270.
- 농림축산식품부 『농림업생산지수』
- 농림축산식품부 『우유및유제품생산소비상황』
- 박춘성·이광훈(2012). “한국 농업의 성장회계 분석: 1970-2010년”, *농촌경제*, 35(4): 1-18.
- 박호정·양승률(2016). “베이지언 확률프론티어 기법을 이용한 딸기 및 토마토 친환경재배의 효율성 분석”, *한국유기농업학회지*, 24(3): 355-368.
- 반경훈·권오상(2016). “한국 농업의 지역별 생산성 격차와 메타 프론티어 생산함수 추정”, *농업경제연구*, 57(4): 1-36.
- 서상택(1998). “농업자본스톡의 추계와 투자함수 분석”, *고려대학교 석사학위 논문*.
- 소순후·고민창(2015). “비방사적 맘퀴스트지수에 의한 총요소생산성 변화와 결정요인 분석: 전북지역 전략산업을 중심으로”, *한국경영공학회지*, 20(1): 11-24.
- 성재훈·추성민(2019). “비모수적 추정을 통한 쌀 농가의 생산성 및 수익성 변화 요인 분석”, *농촌경제*, 42(3): 1-30.

- 안동환·강봉순·권오상(1999). “확률적 프론티어 접근법을 통한 한국 쌀 농업의 생산성 변화 분리 계측”, *농업경제연구*, 40(1): 37-61.
- 유영봉(2015). “한국 농업 생산의 지역별 효율성 분석”, *농업경영·정책연구*, 42(3): 487-506.
- 정성문(2011). “DEA모형을 활용한 국내 태양광발전소의 효율성 평가에 관한 연구”, *에너지기후변화학회지*, 6(2): 40-62.
- 통계청 『농가경제조사』
- 통계청 『농가판매및구입가격조사』
- 통계청 『농림어업조사』
- 통계청 『농업면적조사』
- 통계청 『농작물생산조사』
- 통계청·축산물품질평가원 『가축동향조사』
- 한국은행 『국민계정』
- 한국은행 경제통계국(2014). *한국의 국민대차대조표 해설*. 한국은행.
- 행정안전부 『한국도시통계』
- 황수철·유리나(2014). “한국농업의 총요소생산성 추계와 분석 (1955~2012년)”, *농업경영·정책연구*, 41(4): 701-721.
- 황수철·유리나·유영봉(2014). “농업산출의 추계와 분석(1955~2012년)”, *식품유통연구*, 31(4): 21-43.
- Balk, B.M. 2001. “Scale Efficiency and Productivity Change.” *Journal of Productivity Analysis*, 15: 159-183.
- Borger, B.; K. Kerstens. and M. Staat. 2008. “Transit costs and cost efficiency: Bootstrapping non-parametric frontiers.” *Research in Transportation Economics*, 23(1): 53-64.
- Chavas, J. P. and M. Aliber. 1993. “An Analysis of Economic Efficiency in Agriculture: A Nonparametric Approach.” *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 18(1): 1-16.
- Coelli, T. J. and D. S. Rao. 2005. “Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93

- countries, 1980 - 2000.”, *Agricultural Economics*, 32(1): 115-134.
- Diewert, W. E. 1976. “Exact and Superlative Index Numbers.” *The Journal of Econometrics*, 4(2): 115-146.
- Farrell, M. J. 1957. “The Measurement of Productive Efficiency.” *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3): 253-290.
- Färe, R. and S. Grosskopf. 1985. “A Nonparametric Cost Approach to Scale Efficiency.” *The Scandinavian Journal of Economics*, 87(4): 594-604.
- Halkos, E. and N. G. Tzeremes. 2013. “Estimating the degree of operating efficiency gains from a potential bank merger and acquisition: A DEA bootstrapped approach.” *Journal of Banking & Finance*, 37(5): 1658 - 1668
- Hill, P. 2010. “Lowe Indices.” In *2008 World Congress on National Accounts and Economic Performances Measures for Nations*. Washington, D.C.
- Jorgenson, D. W.; F. M. Gollop and B. M. Fraumeni. 1987. *Productivity and U.S. Economic Growth*. Cambridge, Massachusetts: Havard Economic Studies.
- O'Donnell, C. J. 2010. “Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change.” *Journal of Productivity Analysis*, 38(3): 255-272.
- O'Donnell, C. J. 2012a. “An aggregate quantity framework for measuring and decomposing productivity change.” *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(4): 527 - 560.
- O'Donnell, C. J. 2012b. “Nonparametric Estimates of the Components of Productivity and Profitability Change in U.S. Agriculture.” *American Journal of Agricultural Economics*,

94(4): 873-890.

OECD(2018). *OECD 국가별 농식품 검토보고서: 한국 농업 혁신, 생산성 및 지속가능성 검토*(한국농촌경제연구원 역), 한국농촌경제연구원.

부록

<부표 1> 미국 토크비스트 수량지수(2003=1)

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.06	1.06	1.10	1.11	1.16	1.09	1.19	1.19	1.55
2005	1.02	1.08	1.04	1.07	1.07	1.04	1.14	1.13	1.45
2006	0.97	0.99	1.00	1.07	1.11	1.01	1.11	1.14	1.20
2007	0.91	0.97	0.93	1.01	1.03	0.92	1.08	1.10	1.34
2008	0.99	1.03	1.01	1.11	1.14	1.02	1.19	1.23	1.38
2009	0.98	1.09	1.01	1.13	1.19	1.03	1.23	1.21	2.04
2010	0.81	0.92	0.89	0.98	1.03	0.96	1.07	1.05	1.47
2011	0.79	0.89	0.87	1.00	1.02	0.94	1.03	1.02	0.58
2012	0.82	0.85	0.85	0.97	0.93	0.79	1.02	1.00	0.52
2013	0.79	0.83	0.88	1.02	1.02	0.93	1.04	1.02	0.44
2014	0.83	0.92	0.86	1.03	1.01	0.92	1.03	0.98	0.32
2015	0.82	0.90	0.86	1.02	1.05	0.98	1.07	1.01	0.23
2016	0.81	0.86	0.80	0.96	1.03	0.96	1.04	0.96	0.18
2017	0.74	0.77	0.72	0.89	0.98	0.94	0.99	0.94	0.16

<부표 2> 식량작물 톤크비스트 수량지수(2003=1)

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.07	1.09	1.11	1.12	1.18	1.10	1.21	1.19	1.26
2005	1.04	1.15	1.09	1.09	1.11	1.07	1.19	1.15	1.61
2006	0.99	1.02	1.03	1.08	1.12	1.01	1.15	1.14	1.51
2007	0.94	1.00	0.96	1.02	1.05	0.94	1.10	1.10	1.08
2008	1.01	1.06	1.06	1.12	1.16	1.01	1.21	1.21	1.26
2009	0.99	1.09	1.07	1.15	1.20	1.03	1.25	1.19	1.36
2010	0.83	0.98	0.95	1.00	1.04	0.94	1.08	1.03	1.16
2011	0.79	0.90	1.00	0.99	1.04	0.92	1.10	1.02	1.12
2012	0.84	0.94	0.98	1.00	1.01	0.80	1.10	0.98	0.88
2013	0.85	0.95	1.08	1.06	1.07	0.93	1.15	1.01	1.06
2014	0.88	0.98	1.02	1.07	1.08	0.91	1.09	0.98	0.78
2015	0.83	0.96	0.93	1.04	1.09	0.96	1.09	0.99	0.75
2016	0.84	0.92	0.88	0.98	1.06	0.94	1.06	0.94	0.81
2017	0.77	0.79	0.80	0.91	1.04	0.92	1.00	0.92	0.74

<부표 3> 채소류 톤크비스트 수량지수(2003=1)

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.22	0.97	1.06	1.05	1.22	1.20	1.11	1.12	0.90
2005	0.98	0.83	0.89	0.88	0.93	0.94	0.95	1.12	1.18
2006	1.04	0.99	0.87	0.94	0.92	1.02	0.99	1.06	1.22
2007	0.85	1.00	0.81	0.83	0.79	0.89	0.97	0.98	1.27
2008	0.92	0.98	0.89	0.94	0.81	0.91	1.00	0.95	1.57
2009	0.91	0.84	0.80	0.87	0.82	0.84	0.99	0.91	1.56
2010	0.61	0.73	0.64	0.79	0.68	0.78	0.85	0.86	1.96
2011	0.84	0.93	0.73	0.97	0.91	0.84	0.86	0.95	1.84
2012	0.63	0.86	0.59	0.90	0.71	0.73	0.85	0.81	1.43
2013	0.71	0.86	0.67	0.88	0.93	0.85	0.89	0.87	1.63
2014	0.82	1.04	0.61	0.98	0.78	0.81	0.79	0.78	2.44
2015	0.75	0.86	0.61	0.96	0.72	0.77	0.78	0.74	2.07
2016	0.61	0.86	0.68	0.75	0.68	0.72	0.74	0.83	1.64
2017	0.64	0.99	0.81	0.73	0.71	0.75	0.83	0.92	1.76

<부표 4> 과일 및 특작 텃크비스트 수량지수(2003=1)

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	1.19	0.91	1.03	1.09	1.20	1.20	1.05	1.18	0.89
2005	0.95	0.74	0.91	0.82	0.84	0.87	0.96	1.26	1.10
2006	1.06	0.96	0.94	0.84	0.89	1.05	1.02	1.16	1.12
2007	0.84	0.96	0.85	0.74	0.68	0.80	1.01	1.09	1.26
2008	0.93	1.03	0.98	0.78	0.77	0.96	1.09	1.17	1.36
2009	0.90	0.78	0.81	0.75	0.69	0.70	0.94	0.93	1.44
2010	0.53	0.64	0.72	0.55	0.58	0.63	0.87	0.78	1.58
2011	0.73	0.97	0.74	0.89	0.87	0.77	0.85	0.93	1.53
2012	0.56	0.81	0.59	0.60	0.63	0.58	0.85	0.78	1.28
2013	0.63	0.79	0.65	0.64	0.90	0.69	0.93	0.89	1.40
2014	0.71	0.86	0.60	0.70	0.68	0.62	0.93	0.89	1.96
2015	0.71	0.80	0.64	0.81	0.59	0.65	1.04	0.95	1.73
2016	0.54	0.93	0.67	0.63	0.57	0.62	1.08	0.73	1.38
2017	0.59	1.00	0.79	0.67	0.67	0.66	1.09	0.95	1.42

<부표 5> 축산 톨크비스트 수량지수(2003=1)

연도	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
2003	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2004	0.99	0.75	1.04	0.99	1.05	1.07	1.04	1.04	1.05
2005	1.00	0.61	1.05	1.05	1.08	1.14	1.10	1.07	1.05
2006	1.02	0.52	1.07	1.11	1.14	1.20	1.16	1.11	1.10
2007	1.03	0.49	1.10	1.18	1.23	1.28	1.20	1.17	1.12
2008	1.06	0.45	1.08	1.18	1.26	1.32	1.23	1.15	1.26
2009	1.11	0.44	1.13	1.25	1.35	1.39	1.26	1.18	1.29
2010	1.12	0.46	1.18	1.35	1.41	1.50	1.33	1.27	1.30
2011	0.81	0.35	0.99	1.32	1.44	1.55	1.24	1.25	1.29
2012	1.08	0.43	1.17	1.43	1.43	1.61	1.34	1.25	1.37
2013	1.13	0.44	1.21	1.43	1.44	1.58	1.37	1.23	1.38
2014	1.11	0.44	1.09	1.41	1.34	1.41	1.35	1.17	1.37
2015	1.12	0.44	1.15	1.44	1.42	1.49	1.36	1.20	1.38
2016	1.11	0.45	1.14	1.45	1.43	1.50	1.35	1.19	1.41
2017	1.09	0.47	1.06	1.43	1.45	1.48	1.44	1.26	1.41

Abstract

**Measurement and
Decomposition of Regional
Productivity Changes in
Korean Agriculture:**

Based on Nonparametric Estimation Using
Lowe Index

Jiyoung Lee

Dept. of Agricultural Economics and Rural Development
The Graduate School
Seoul National University

Korea has experienced rapid industrial growth for half a century, but its agricultural competitiveness has lagged far behind. Agricultural growth is essential to achieve sustainable national economic development. Therefore, it is necessary to look for a way to enhance the growth of the agriculture sector. And the first thing for this is to accurately measure the productivity

of the entire Korean agriculture industry and determine the cause of the fluctuation.

This study measures the total factor productivity(TFP) of Korean agriculture in nine regions (Gyeonggi, Gangwon, Chungbuk, Chungnam, Jeonbuk, Jeonnam, Gyeongbuk, Gyeongnam, Jeju) from 2003 to 2017 and to determine the cause of the change in TFP using efficiency measures corresponding to the Lowe TFP index. In this article, there are five outputs (rice, food crops, vegetables, fruits and specialties, livestock) and four inputs (capital, labor, land, and intermediate goods) constructed using Törnqvist indexes in each of the nine regions. A Lowe TFP index is estimated based on these constructed five outputs and four inputs to calculate profitability index and terms-of-trade index in each region. Next, based on the five outputs and four inputs derived above, the output and input distance functions are estimated using linear programming. Consequently, the associated efficiency measures such as maximum total factor productivity, technology efficiency, mix efficiency, and scale efficiency are derived.

The analysis showed that the main driver of the profitability change from 2003 to 2017 is the change in terms-of-trade rather than total factor productivity. The growth of total factor productivity in 2003–2007 was mainly affected by the other measures other than the maximum total factor productivity. Gangwon showed the lowest TFP growth among regions in 2003–2007, due to Gangwon's low mix efficiency growth. On the other hand, the decrease in maximum total factor productivity seems to have had been the main reason for the negative growth rate of total factor productivity in 2008–2012 and 2013–2017.

Meanwhile, technology efficiency and scale efficiency were high throughout the entire period and region.

keywords : Lowe index, Total factor productivity, Technical efficiency, Mix efficiency, DEA, Törnqvist index

Student Number : 2018-22720