

토의용 논문 W15 / 2003. 12.

농업기술개발투자의 성과분석

쌀산업의 생산성 변화와 기술개발투자

김 용 택 연구위원

머 리 말

일반적으로 농업기술개발은 농업생산성의 향상과 농업성장의 원천으로 잘 인식되고 있으나, 실제로 우리나라를 비롯하여 많은 나라에 있어서 농업기술개발투자가 충분히 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 이 연구는 지속적인 농업기술개발투자가 농업성장의 핵심 요인이라는 관점에서 농업기술개발투자와 농업생산성 변화와의 관계를 규명하고자 한 연구이다.

특히 이 연구는 농가 생산이 비효율적으로 이루어진다는 가정을 전제로 농업생산성의 변화 요인을 규명하고자 하였으며, 이를 위해 쌀산업을 대상으로 DEA 방법을 적용하고, 맘퀴스트 생산성지수를 계측하였다.

또한 이 연구에서는 농업기술투자의 방향을 도출하기 위하여 농업생산성의 변화 요인을 분해하였으며, 분석 결과 농업기술개발투자가 농업생산성 향상에 핵심 요인이라는 것을 다시 한번 확인하였다. 따라서 앞으로 농업기술개발투자는 농정서 우선순위를 높게 설정하여야 한다.

지난 1년간 이 연구를 수행한 연구자의 노고를 위로하며 이 연구보고서가 농업기술개발과 관련된 정책 수립에 활용되길 기대한다.

2003. 12.

한국농촌경제연구원장 이 정 환

요 약

이 연구는 농업기술개발투자의 성과를 실증적으로 계측하고 실증적 계측의 결과가 가지는 정책적 의미는 무엇인지를 파악하고자 한 연구이다. 농업기술개발투자의 성과를 분석하는 사례로 쌀산업을 선정하였는데 이는 시계열적으로나 횡단면적으로 투입과 산출자료가 잘 갖추어져 있고 농업에서 가장 중요한 산업이기 때문이다.

이 연구의 목적은 첫째, 비모수적 맘퀴스트 생산성지수 계측을 통하여 쌀산업의 생산성 변화를 계측하고, 둘째 쌀산업의 생산성 변화 요인을 규명하며, 셋째 쌀 기술 개발투자가 쌀 생산성에 미치는 효과를 계측함으로써 쌀 기술 개발투자의 성과를 분석하는 것이다.

이 연구의 목적을 달성하기 위하여 사용한 연구 방법은 DEA 방법과 맘퀴스트 생산성지수 계측방법 등이다. 그리고 쌀산업의 생산성을 계측하기 위하여 이용한 통계자료는 농림부의 쌀 생산비 조사 자료(2003)이다. 분석기간은 1998년부터 2002년까지 5개년이었다. 산출자료로 쌀이란 단일 산출물을 사용하였으며, 투입요소로는 토지비용, 노동비용, 자본비용, 농구비, 비료비, 농약비, 기타 비용 등 7개 비용항목을 선정하였다.

주요 계측 결과는 다음과 같다.

첫째, 표본 기간인 1998년부터 2002년까지의 5년간 우리나라 쌀산업의 기술효율성 평균이 0.999로 계측되었다. 규모별로 2.0ha- 2.5ha 미만이 1.004로 가장 높은 값을 나타낸 규모이었다.

둘째, 표본 기간에 쌀 생산성의 연평균 성장률은 4.4%로 계측되었으며 이를 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화로 분해해 보면, 생산성의 연평균 성장률 4.4%에 기술 효율성이 0.1%, 기술수준의 변화가 4.3% 기여한 것으로 계측되었다.

셋째, 기술효율성의 변화는 순수효율성의 변화와 규모효율성의 변화로 분

해할 때, 표본 기간 순수효율성의 변화율은 변화하지 않았으며, 규모별 차이는 거의 없고, 2.0ha~2.5ha 규모에서 순수 효율성이 0.2% 하락한 것으로 나타났다.

넷째, 쌀 기술 개발투자의 수익률을 구한 결과 쌀 기술 개발투자의 내부 수익률이 31.5%로 계측되었다.

차 례

제1장 연구 개요

1. 연구 필요성	1
2. 연구 목적	4
3. 선행 연구	4
4. 주요 연구 내용	9
5. 연구 방법	10

제2장 생산성 계측을 위한 이론 모형

1. 생산성 계측과 관련된 주요 개념	11
2. 분석을 위한 이용 자료	20

제3장 생산성 변화와 기술 개발투자수익률의 계측

1. 거리함수의 계측	23
2. 쌀산업의 맘퀴스트 생산성지수	24
3. 쌀산업의 생산성변화와 기술 개발투자와의 관계	29

제4장 요약 및 결론

부록	41
ABSTRACT	42
참고문헌	43

표/그림 차례

제1장

표 1-1. 농업투자수익률의 계측(요약)	5
표 1-2. 모수적방법과 비모수적방법의 장단점	7
표 1-3. 계량경제적방법과 경제적 잉여 측정방법의 장단점	8

제2장

표 2-1. 7개 비용항목에 포함되는 세부비용항목	21
표 2-2. 미곡생산비(10a당, 논벼)의 통계량	22
그림 2-1. 총생산성 변화의 기술 변화와 효율성 변화 분리	17

제3장

표 3-1. 쌀 생산 농가들의 규모별·연도별 거리함수 값	24
표 3-2. 규모별·연도별 맘퀴스트 생산성지수, 기술효율성 변화, 기술수준의 변화 추정치	25
표 3-3. 규모별·연도별 기술효율성의 변화, 규모효율성의 변화 추정치	28
표 3-4. 농업연구비와 쌀 연구비율	30
표 3-5. 쌀 기술 개발비와 쌀 기술 개발스톡의 계측	31
표 3-6. 쌀 연구투자의 내부수익률	35

제 1 장

연구 개요

1. 연구 필요성

많은 선행 연구들은 농업기술개발이 농업생산성의 향상과 농업성장의 원천임을 밝히고 있다. 이들 연구들에 의하면 농업기술개발은 “농업지식생산에 희소자원을 투입하는 경제활동으로 농업생산성의 향상과 농업경쟁력의 핵심요소”라는 것이다. 그러나 이처럼 많은 연구에서 농업기술개발이 농업성장의 핵심요소임을 밝히고 있음에도 개도국을 비롯하여 많은 국가들에 있어 농업기술개발 투자가 필요한 만큼 이루어지지 않고 있다. 이처럼 농업기술개발투자가 적정하게 이루어지지 않는 근본 이유는 자연을 대상으로 하는 산업의 특성상 농업에 시장실패가 일어나고 투자수익률이 낮기 때문이다.

그동안의 농업기술개발투자와 관련된 선행 연구들은 농업기술개발투자의 수익률 계측이나 농업기술개발의 정부 개입 타당성에 주로 관심을 갖고 있었다. 왜냐하면 농업기술개발에 있어 정부 역할을 강조하여야만 투자재원 마련에 정부가 보다 큰 역할을 담당할 수 있기 때문이었다. 이렇게 농업기술개발 투자에 있어 정부 역할을 강조하거나, 농업기술개발투자의 수익률을 지나치게 강조하다 보니 오히려 농업기술개발투자에 대한 회의론이 제기되거나, 아

니면 농업기술개발투자의 수익률 수치에 대한 불신이 나타났다. 그리고 농업기술개발투자의 회의론이 대두한 결과 농업기술개발의 투자 우선순위가 다른 분야보다 더 낮아지기도 하였다.

이런 상황을 잘 보여 주는 예가 바로 최근 국가 전체 연구비 중에서 농업연구비와 농업연구종사자의 비중이 크게 감소한 사실이다. 국가 전체 연구비 중 차지하는 농업연구비의 비중은 1995년에 3.4% 이었으나 2000년에는 오히려 2.5%로 줄었다(농촌진흥청, 2000). 이런 추세로 말미암아 농업기술개발 관련 학자나 전문가들은 향후에도 농업기술개발투자의 비중이 줄어들거나 아니면 정체되는 것이 아닌지 우려를 갖게 되었다.

이처럼 우리나라의 경우, ‘농업기술개발투자 회의론’이 제기되는 이유는 농업투자수익률이 낮은 것에 기인하기도 하지만, 또 다른 이유는 농업기술개발투자와 관련하여 개발된 연구 방법이나 연구 결과가 신뢰성을 확보하지 못했기 때문이기도 하다. 예를 들면, 분야별 농업기술개발투자액에 관한 시계열자료가 만들어 있지 않다는 사실을 보더라도 농업기술개발투자와 관련하여 앞으로 더 많은 신뢰성을 확보해야 한다.

따라서 그동안 적용되었던 여러 농업기술개발투자의 성과 분석방법을 검토해 보고, 적절한 연구 방법론을 개발하여 농업기술개발투자의 성과를 계측하는 것은 매우 중요한 연구 과제이다. 또한 정책적으로도 농업기술개발투자의 성과 분석은 향후 농업기술개발투자의 방향 설정이나 분야별 우선순위설정 및 한정된 투자재원의 배분에 있어 중요한 의의를 지닌다.

과거 농업기술 변화에 관한 여러 연구들은 주로 농업생산성의 계측에 초점을 맞추었으며 농업생산성의 계측도 주로 성장회계방식을 적용하였다. 그러나 성장회계방식에 의하여 농업생산성을 계측하는 것은 농가 단위의 기술적 효율성을 고려하지 않는 방법이기 때문에 농업생산성의 변화 요인을 보다 명확하게 분석하기 곤란하였다.

그동안 농업생산성 계측에 주로 적용하던 연구 방법은 농가 단위의 생산에 비효율성이 존재한다는 것을 고려하지 않고 모든 생산자는 효율적으로 생산한다는 가정하에 생산성의 변화가 어떤 요인에 의해서 이루어지는지를 주로

분석한 것이었다. 그러나 많은 선행 연구들에 의하면 농가 단위에 있어 기술적 비효율성이 존재한다는 것이 입증된 바 있다. 예를 들면, 쌀 생산기술분석에 관한 선행 연구(김정호, 위용석 1997; 권오상 1997) 등에 의하면 다수의 쌀 농가들이 여전히 비효율적인 생산을 하고 있다는 것을 보여 주었다.

그러므로 앞으로의 농업기술개발 투자방향을 올바르게 설정하기 위해서는 생산자가 비효율적으로 생산하고 있다는 사실을 인정하고 농업생산성의 변화가 어떤 요인에 의해서 이루어지는지를 실증적으로 분석하는 것이 중요하다. 이렇게 생산자인 농가가 비효율적으로 생산하고 있다는 것을 가정한다면 향후 농업기술개발투자의 우선순위를 농가의 비효율성 개선(Catch-up)에 두어야 할지 아니면 기술 자체혁신(Innovation)에 두어야 할 것인지 밝힐 수 있다.

이처럼 실제 농가 단위에서 발생하는 비효율적 생산을 가정하고 농업생산성의 변화 요인을 분석하는 방법으로 적합한 것은 DEA(Data Envelopment Analysis, 자료포락분석)방식에 의한 거리함수 계측과 맘퀴스트 생산성지수(Malmquist Productivity Index)의 계측이다. 맘퀴스트 생산성지수 장점의 하나는 생산성 변화를 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화로 구분하도록 하며, 동시에 기술효율성의 변화를 순수효율성의 변화와 규모효율성의 변화로 분해할 수 있다. 따라서 맘퀴스트 생산성지수를 계측할 수 있다면 농업생산성의 변화에 대한 기술효율성의 기여도와 기술수준의 기여도를 알 수 있다. 또한 기술효율성의 변화에 대한 규모효율성의 기여도와 순수효율성의 기여도를 알 수 있다.

그동안 쌀산업은 농업 내에서도 기술수준이 가장 평준화된 분야임에도 선행 연구들은 쌀산업에도 기술 비효율성이 상당수준 존재하다고 밝히고 있다. 그러나 실제로 대부분의 농가들이 쌀산업에 있어 농가 간 기술격차가 거의 없고, 일본과도 비교해도 기술수준이 별로 떨어지지 않는다고 믿고 있다. 따라서 쌀 기술 개발투자로 인하여 이루어지는 농업생산성의 변화가 기술효율성 때문인지 아니면 기술수준의 변화 때문인지 다시 한번 규명할 필요가 있다. 더욱이 이와 같은 분석 결과는 향후 쌀산업에 있어 기술 개발투자가 어떤 방향으로 이루어져야 하는지를 제시하여 준다.

그러므로 이 연구에서는 쌀산업에 맘퀴스트 생산성지수 계측방법을 적용하여 쌀산업의 생산성변화 요인을 분석하고, 동시에 그동안 쌀 농업기술개발 투자가 쌀산업의 농업생산성 변화에 얼마나 기여하였는지를 분석한다.

2. 연구 목적

이 연구의 목적은 비모수적 맘퀴스트 생산성지수 계측을 통하여 쌀산업의 생산성 변화를 계측하고, 쌀산업의 생산성 변화 요인을 규명하며, 쌀 기술 개발투자가 쌀 생산성에 미치는 효과를 계측함으로써 쌀 기술 개발투자의 성과를 분석하는 것이다.

3. 선행 연구

우선 기술진보의 사회적 수익률 추정에 관한 연구로는 매우 많은 연구가 있다. 몇 가지 대표적인 연구들을 들어 보면, Fellner(1981)는 기술진보의 사회적 수익률이 13%~18%임을 밝혔으며 Griliches(1973)는 85개 산업 부문의 R&D 수익률이 32%~40%라고 주장하였고, Tereckyi(1974; 1980)는 민간 부문의 R&D 수익률은 100%~110%에 이른다고 하였다. 그리고 Cuono and Mairesse (1984)는 과거와는 달리 전통 투입요소와 R&D 투입요소를 구분하여 R&D 수익을 추정하였다. 또한 Griliches and Lichtenberf(1984)는 1970년대의 R&D와 생산성 증대를 계측하였고, Nadiri(1984)는 규모경제, 조정비용에 의한 불균형, 마크업, 연구개발지식, 외생적 기술변화 요인들의 총요소생산성 증가에 대한 기여분을 계측하였다. 그 결과 제조업 총요소생산성 증가율의 기술효과는 미국이 60%이고 한국이 15%라고 밝혔다. 이렇게 농업기술개발의 투자수익률 계측한 대표적인 연구 결과들을 요약하면 <표 1-1>과 같다.

한편, 생산성의 변화나 농업생산성 변화를 계측한 대표적인 연구들을 살펴

보면, 먼저 강봉순, 노재선(1995)은 1992년 자료를 이용하여 쌀 생산기술을 분석한 결과 쌀 생산 농가의 36%가 비효율적이라고 주장하였다. 김정호, 위용석(1997)은 1995년 자료를 이용하여 개별 쌀 생산 농가의 비효율성 지수를 계측한 결과 농가의 비효율성 지수는 평균 15.37라고 계측하였다. 권오상(1997)은 1995년 당시 총 1,187 쌀 농가 중 효율적인 농가는 12농가(1%)에 불과하다고 주장하였다.

표 1-1. 농업투자수익률의 계측(요약)

연구자(발표연도)	국 가	분석대상	분석기간	내부수익률
Tang(1963)	일 본	농업총생산	1880-38	35
Griliches(1964)	미 국	농업총생산	1949-59	35-40
Peterson(1967)	미 국	가 금	1915-60	21
Evenson(1968)	미 국	농업총생산	1949-59	47
Ardito Baretta(1970)	멕시코	곡 물	1943-63	45-93
Evenson & Jha(1973)	인 도	농업총생산	1953-71	45-93
Cline(1975)	미 국	농업총생산	1939-48	41-50
Bredahl&Perterson(1976)	미 국	작물, 축산물	1969	36-46
Lu et al(1979)	미 국	농업총생산	1938-72	30.5-23.5
	인 도	농업총생산	1960-61	63
Kahlon & Jha(1977)	아시아	미 곡	1950-65	32-39
Evenson & Flores(1978)	적 도	미 곡	1966-75	46-71
Hayami(1978)	파키스탄	밀, 옥수수	1959-79	56.2-85.6
Norton(1980)	한 국	미 곡	1970-84	57.5-79.5
Nagy(1984)	한 국	농업총생산	1970-84	317
박정근(1986)			1982-84	276
김은순(1986)	한 국	미 곡	1963-85	60-82
		농업총생산	1962-89	64.62
서동균(1987)	한 국	작목생산	1967-71	185

자료: 최영찬(2002), “농업 부문 연구투자의 효율성 분석” 인용.

생산성의 변화를 계측한 연구는 비단 농업뿐만 아니라 비농업 부문 및 공공 부문에 이르기까지 다양한 부문에 걸쳐 이루어지고 있으며, 이들 연구들은 방법론상으로 크게 모수접근법과 지수접근법의 두 가지 방법으로 구분된다. 모수 접근법은 Solow(1957)와 Hulten(1979) 등이 시작하였으며, 생산기술을 나타내는 함수와 이들 함수의 파라미터를 추정하여 생산성을 분석하는 방법이다. 이들 비용함수나 이윤함수 등을 추정하기 위하여 쌍대이론(duality theory)을 이용하기도 한다. 지수접근법은 Diewert(1976, 1978, 1980)와 Caves et al.(1982a, b) 등의 지수이론(index theory)을 바탕으로 발전한 방법으로 투입물과 산출물의 집계(aggregation)를 통하여 생산성의 변화를 분석한다. 그리하여 지수 형태와 생산기술 간의 대응으로 생산성의 변화를 분석한다.

이런 생산성 변화 계측방법을 바탕으로 비효율적인 생산자의 존재를 인정하고 생산성 변화를 계측하는 모형을 개발한 연구로는 Nishimizu et al.(1982), Bauer(1990a), Färe et al.(1994b) 등이 있다. 이들 연구들은 요인별로 생산성 변화를 분리하여 계측한 연구들이다. Nishimizu et al.은 선형계획기법을 이용하여 프런티어 생산함수를 추정하고 생산성 변화를 효율성변화와 기술 변화로 분리 계측하였다. Bauer는 프런티어 생산기술을 나타내는 비용함수를 추정하여 생산성 변화를 비용효율성, 규모효율성 및 기술진보로 분리 계측하였다. 그리고 Färe et al.은 비모수접근법을 이용하여 맘퀴스트지수 형태의 생산성변화 지수를 효율성변화와 기술 변화로 분리하였다.

한편, 맘퀴스트지수를 이용하여 생산성의 변화를 계측한 연구로는 Berg et al.(1992), Førsund(1993), Bauer et al. (1993), Kumbhakar et al.(1988, 1993) 등의 연구가 있으며, 이들 연구들은 생산성의 변화를 기술변화와 효율성 변화로 분리하였다. 국내에서 맘퀴스트 생산성지수로 농업생산성 변화를 계측한 연구로는 안동환(1999)의 연구를 들 수 있다. 안동환은 맘퀴스트 생산성지수로 쌀 생산성 변화를 계측하였고 동시에 쌀 생산성 변화의 요인을 분석하였다.

이들 생산성 계측에 사용되는 모수적 방법과 비모수적 방법은 각기 장단점을 갖고 있다. 우선 모수적 방법은 함수 추정을 기본으로 하고 있기 때문에 여러 통계적 추론이 가능하며 함수를 분석할 수 있는 가정으로 비용최소화나

이윤 극대화 등을 활용할 수 있다는 장점이 있는 반면, 여러 투입물과 산출이 동시에 발생하는 경우에 분석이 용이하지 않으며, 함수 추정에 지나치게 많은 가정을 하는 경우가 많다는 단점도 있다. 일반적으로 모수적 방법의 단점은 비모수적 방법의 장점이 되고 모수적 방법의 장점은 비모수적 방법의 단점이 된다. 따라서 모수적 방법의 단점인 다투입 다산출분석이 어렵다는 것은 비모수적 방법을 적용하면 다투입과 다산출분석이 용이하게 되며, 함수 추정을 위하여 여러 가정을 하지 않아도 된다는 장점이 있다. 반면, 비모수적 방법에 있어서는 이상관찰치에 대하여 계측결과가 매우 민감하게 반응하며, 계측결과를 해석함에 있어 통계오차와 기술효율성을 구분하기 어려운 단점들이 있다. 이들 두 방법의 장단점을 요약한 것이 <표 1-2>이다.

이처럼 그동안 선행 연구들을 살펴보면 농업생산성은 주로 모수적 방법(성장회계방정식)으로 계측되어 왔고 품목별 농업생산성은 주로 부분생산성을 계측하는 것에 한정하였다는 것을 알 수 있다.

농업기술개발의 성과를 분석한 대표적인 연구로는 Alston 등(1995)이 있다. 이 연구에서 농업기술개발의 성과를 계측하는 방법으로 네 가지 방법을 제시하고 있다. 네 가지 방법이란 첫째, 계량·경제적 방법에 의한 계측방법(Econometric Measurement), 둘째 경제적 잉여 측정에 의한 계측방법(Economic Surplus Measurement), 셋째 비용-편익 분석에 의한 계측방법(Cost-Benefit Analysis), 넷째 직접적 자원비용 추정에 의한 계측 방법 등을 말한다. 이들 4가지 계측방법은 제각기 장단점이 있는데, 그 중 가장 많이 활용되고 있는 방법인 계량경제적 방법과 경제적 잉여 측정방법의 장단점을 비교해 보면

표 1-2. 모수적 방법과 비모수적 방법의 장·단점

	모수적 방법	비모수적 방법
장점	• 통계적 추론 가능 • 비용최소화, 이윤 극대화 가정	• 다투입과 다산출 분석이 가능 • 함수 추정에 있어 가정 불필요
단점	• 다투입과 다산출 분석에 곤란 • 함수추정에 많은 가정 요구	• Outliers에 대하여 민감하게 반응 • 통계오차와 기술효율성의 구분 곤란

<표 1-3>과 같다.

비모수적 방법으로 농림기술개발투자의 효율성을 분석한 연구로는 Chavas and Cox(1992) 연구가 있다. Chavas and Cox(1992)는 비모수적 방법으로 연구개발의 투자효율성을 분석하였다. 이 연구에서 연구투자와 생산성의 관계를 실증적으로 계측하기 위하여 먼저 1단계로 생산자의 합리적인 생산 조건(Hanoch, Rothschild(1972), Varian(1984))을 도출하고, 다음 단계로 적절한 함수 형태를 부여하여 연구투자의 한계생산성 변화를 계측하고 마지막으로 연구투자가 장단기적으로 생산성에 미치는 영향을 분석하였다.

지금 살펴본 생산성변화와 생산성 변화 요인계측과 관련한 선행 연구들이 제시하고 있는 시사점으로는 첫째, 농업생산성의 변화 요인을 분석하기 위해서는 비모수적 맘퀴스트 생산성지수 계측이 나름대로 장단점과 타당성을 지니고 있으며, 둘째, 맘퀴스트 생산성지수는 분석상 여러 장점을 갖고 있어 농업기술개발투자의 방향 설정과 농업기술개발투자의 성과 분석에 중요한 기초 자료를 제공할 수 있다는 것이다. 셋째, 과거 농업기술개발의 성과 분석에 관한 연구는 농업기술개발투자의 타당성과 관련 재원 확보를 위한 근거를 마련하고자 주로 농업기술개발의 수익률 계측에 초점이 맞추어졌다. 넷째, 기술 개발투자의 성과 분석은 크게 계량경제적 방법, 경제적 잉여 계측방법, 기술영향평가방법, 비모수적 방법 등으로 구분되며 이들은 제각기 장단점을 갖

표 1-3. 계량경제적 방법과 경제적 잉여 측정방법의 장단점

	계량경제적 방법	경제적 잉여 측정방법
계측	· 생산함수 계측, · 생산성 계측 · 시계열 분석	· 생산자 잉여와 소비자 잉여 계측
장점	· 시차 고려가능 · 연구와 다른 투입요소효과 구분	· 계산 용이 · 사회적 잉여 고려
단점	· 생산효과만 고려 · 관련자료 요구량이 많음 · 시차에 대한 임의 결정	· 기술개발시차 고려하지 않음 · 연구와 다른 투입요소와 구분 곤란

고 있다. 다섯째, 우리나라 농업기술개발투자에 대한 성과 분석으로 주로 계량경제적 방법이 이용되었으나 관련 통계자료의 미흡과 여러 방법론상의 문제로 연구 결과에 대한 신뢰도가 제한되어 있는 실정이다. 특히 관련통계 정비가 미흡하며, 세부분야별로 연구개발비 관련 통계가 정비되어 있지 않다. 더욱이 농업연구개발에 있어서 연구개발스톡과 기타 자본스톡과의 구별이 별로 없이 단순히 연구개발비와 생산과의 관계 추정하는 경향이 있고 품목별 기술 개발투자의 성과 분석에서 연구개발의 시차를 크게 고려하지 않고 있었다.

4. 주요 연구 내용

이 연구내용은 크게 4가지로 나눌 수 있다. 첫째, 이론적 모형으로 쌀산업의 생산성 변화를 계측할 수 있는 모형을 구축하는 것이다. 쌀산업의 생산성을 계측하기 위하여 먼저 DEA(Data Envelopment Analysis) 분석방법에 관하여 알아보고, 거리함수(Distance Function)가 무엇이고 어떻게 계측하는지를 알아 보며, 맘퀴스트 농업생산성지수(Malmquist Productivity)을 어떻게 정의·도출하는지를 알아보며, 총요소생산성 변화를 어떻게 요인별로 분해하는지에 대해서 알아본다.

둘째, 이상의 이론적 모형에 실제 쌀산업의 통계자료를 적용하여 쌀산업의 생산성 변화를 계측해 보며 쌀 생산성 변화를 요인별로 분해한다. 이를 위해서는 규모별, 연도별로 DEA 방법으로 거리함수를 계측하고, 계측된 거리함수를 토대로 규모별·연도별로 쌀의 맘퀴스트 생산성지수를 계측하고, 다시 이 맘퀴스트 생산성지수 변화를 요인별로 분해한다.

셋째, 쌀산업의 생산성변화와 기술 개발투자와의 관계를 분석한다. 이를 위해서는 쌀산업의 기술 개발스톡을 추정하며, 쌀산업의 생산성과 기술 개발투자비와의 상관관계를 추정하며, 최종적으로 쌀 기술 개발투자의 내부수익률을 추정함으로써 쌀산업의 농업기술개발투자의 성과를 분석한다.

5. 연구 방법

이 연구는 주로 관련 문헌의 고찰을 통하여 쌀산업의 생산성 변화를 계측할 수 있는 이론 모형을 수립하고 모형에 실제 통계자료를 적용하여 쌀산업의 생산성지수를 도출하는 것이다.

연구 내용별로 적용하는 연구 방법을 보다 상세히 살펴보면, 첫째 쌀산업의 생산성을 계측하는 이론모형은 DEA 분석방법으로 규모별 쌀산업의 거리함수를 계측하는 것이다. 여기서 거리함수란 원기술(primal technology)를 표시하는 방법의 하나로 생산기술에 대한 모든 정보를 보유하고 있으며, 복수 생산물에도 적용이 용이하며, 가격에 대한 정보가 없이 추정이 가능하고 이런 장점 때문에 공공 부문의 생산기술에 많이 적용되는 방법이다.

맘퀴스트 생산성지수를 도출하는 방법은 거리함수를 이용하는 것이며 이와 같은 맘퀴스트 생산성지수(Malmquist Productivity Index)를 계측하여 규모별 기간별 쌀산업의 생산성 변화를 계측한다. 이때 맘퀴스트 생산성지수를 실제로 계측함에 사용한 컴퓨터 소프트웨어는 T. Coelli가 개발한 DEAP(DEAP version 2.1) 프로그램을 이용한다. 둘째, 도출된 쌀산업의 생산성 변화(맘퀴스트 생산성지수)는 농가의 비효율성을 가정한 계측 방법으로서 생산성 변화를 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화로 분해할 수 있고, 기술효율성도 순수 효율성과 규모효율성 효과로 구분할 수 있다. 셋째, 쌀산업에 있어 생산성변화와 기술 개발투자와의 관계를 분석하기 위해서 먼저 쌀산업의 기술 개발스톡을 산출한 뒤, 쌀산업의 생산성지수변수(종속변수)와 기술 개발스톡변수(독립변수)를 회귀 분석하여 쌀산업의 생산성 변화와 기술 개발투자와의 상관관계를 분석한다. 마지막으로 쌀 기술 개발투자의 투자수익률을 산출하는 방법은 모수적 방법을 이용하는 데 그 과정은 (1) 쌀산업의 생산성지수를 기술 개발지표에 관하여 회귀분석하고, (2) 추정된 파라미터를 이용하여 과거 실제로 투자된 금액과 가상적인 투자액과 연계된 생산성 흐름을 시뮬레이션하고, (3) 생산액 변화(효과)와 기술 개발비용 변화(비용)간의 차이를 이용하여 내부수익률을 산출한다.

제 2 장

생산성 계측을 위한 이론 모형

1. 생산성 계측과 관련된 주요 개념

일반적으로 생산성을 향상시키는 방법으로는 신기술개발에 의한 방법(기술혁신)과 이미 알려진 기술을 효율적으로 활용하는 기술적 효율성의 개선이 있다. 이런 생산성의 변화를 실증적으로 계측하기 위하여서는 생산함수를 계측한 뒤 생산 프런티어곡선은 상향으로 얼마나 이동하였고, 개별 생산 농가들은 생산 프런티어와 얼마나 떨어져있는지를 계측해야 한다. 여기서 생산 프런티어곡선의 상향 이동은 기술혁신에 해당하고 생산 프런티어와의 거리는 바로 실제산출량과 생산 가능한 최대산출량과의 차이를 나타내는 기술적 효율성을 의미한다.

이론적으로 총요소생산성(TFP)을 측정하는 기법은 비모수적 접근방법(non-parametric approach)과 모수적 접근방법(parametric approach)으로 구분할 수 있다. 모수적 방법은 생산함수나 비용함수를 계량경제학적 방법으로 계측한 뒤 이를 통하여 기술진보나 기술적 효율성의 변화를 측정하는 방법이다. 모수적 방법에 의하면 기술적 효율성은 확률적 생산함수 또는 비용함수를 추정 한 뒤 이를 시간에 대하여 미분하여 생산성의 변화를 계측한다. 확률적 변경

함수는 Aigner et al(1977)와 Meeusen and van den Broeck(1977) 등에 의하여 제안되었다.

비모수적 접근방법은 특정한 함수의 추정 없이 실제 산출량과 투입량 데이터를 이용하여 생산성 변화를 측정하는 방법으로 지수법(index number approach)이라고도 부른다. 지수법의 대표적인 것으로 디비지아지수(Divisia Index), 톤퀴비스트지수(Törnqvist Index), 맘퀴스트지수(Malmquist Index) 등이 있다. 특히 비모수적 방법에서는 DEA 분석기법을 많이 활용한다. DEA 분석기법은 선형 계획법을 이용하여 생산 프런티어를 찾는 방법으로서 Charnes et al.(1978)에 의해 제안된 이래 많이 이용되고 있다. 이와 같은 비모수적 방법에서는 거리 함수 개념을 도입하여 기술적 효율성을 추정하며 맘퀴스트 생산성지수는 거리함수의 비율로 측정될 수 있기 때문에 맘퀴스트 생산성지수를 측정하면 기술적 효율성을 실증적으로 측정할 수 있게 된다.

특히 비모수적 방법인 지수접근법은 특정 함수의 추정 없이도 투입·산출 자료를 이용하여 생산성 측정이 가능하므로 특정 함수가정에 따른 오차(specification error)를 피할 수 있다는 장점이 있다.¹ 그러나 디비지아지수와 톤퀴비스트지수는 투입·산출 과정에서 발생하는 기술적 비효율성을 고려하지 못하여 TFP 변화에 대한 요인별 분리계측이 불가능한 단점이 있다. 따라서 이 연구에서는 비모수적 분석방법(지수법) 중에서도 맘퀴스트(Malmquist) 지수를 이용하여 쌀산업의 생산성지수를 도출하고 생산성의 변화 요인을 분석하기로 한다.

그간 농업 부문에 생산성의 변화를 측정한 연구는 무수히 많다. 그러나 이들 연구의 대부분은 기술적 효율성을 고려하지 않는 성장 요인 분석방법을 적용한 것이었다. 그러나 성장 요인 분석방법은 산출량이 최적이란 것을 가정한 상태에서 생산성의 변화를 측정하는 것이므로 생산이 효율적으로만 이

¹ 비모수적 측정방법은 이와 같은 장점이 있는 반면, 기후나 측정오차, 표본오차 등을 고려할 수 없기 때문에 극단적 측정치에 매우 민감하게 영향을 받으며, 통계적 검정에 한계가 있다는 단점이 있다.

루어지지 않는다는 현실을 반영하고 있지 못하다. 그러나 최근 들어와 기술적 효율성을 고려한 연구들이 점차 나타나고 있다. 안동환(1998)은 쌀산업의 생산성 변화를 맘퀴스트 생산성지수로 계측하였다.

1.1. DEA 분석방법과 거리함수

DEA 방법은 비모수적으로 생산기술을 모형화하는 방법으로 대표적인 방법이다. DEA 연구로 대표적인 것으로는 Banker et al.(1984), Charnes et al.(1978; 1981), Färe et al.(1978; 1985; 1994a) 등이 있으며 이들 연구들은 Farrell(1957)의 분석 방법을 이용한 것이다. DEA 방법을 이용하기 위해서는 생산 프런티어를 도출해야 한다. 생산 프런티어를 도출하기 위해서는 실제 산출물과 투입물 자료를 이용하여 모든 표본이 포함되도록 하는 포락집합을 선형 근사(線型 近似) 해야 한다.

우선 거리함수는 투입물 거리함수와 산출물 거리함수로 나눌 수 있다. 이 연구에서는 산출물거리함수를 중심으로 기본 내용을 알아본다. t 시점에서의 생산기술은 다음 식 (1)의 산출물 거리함수(output distance function)로 표현할 수 있다.

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min\{\theta > 0 : y^t/\theta \in P^t(x^t)\} \dots\dots\dots (1)$$

이때, x^t 는 투입요소 사용량(투융자지출액 포함)이고, y^t 는 산출물 생산량이며, $P^t(x^t)$ 는 x^t 로 생산해낼 수 있는 산출물의 집합이다.

또 다른 산출물 거리함수는 다음 식(2)과 같이 정의된다.

$$D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min\{\theta > 0 : y^{t+1}/\theta \in P^t(x^{t+1})\} \dots\dots\dots (2)$$

여기서 $t+1$ 시점에서의 투입물과 산출물의 조합인 (x^{t+1}, y^{t+1}) 는 t 시점의 기술수준에도 생산이 가능하기 위해서 어느 정도의 비율로 y^{t+1} 를 나

누어줄 수 있는지를 나타낸다. 그리고 t 시점의 투입물-산출물 조합이 $t+1$ 시점의 기술수준에서 생산될 수 있도록 산출물 y^t 를 나누어줄 수 있는 정도를 $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ 로 정의한다. 여기서 생산자의 비효율적인 생산이 가능하다는 가정하에서 생산성 변화를 효율성 변화와 기술수준 변화로 분리할 수 있는 맘퀴스트 생산성지수는 거리함수의 비로 정의된다.

1.2. 맘퀴스트 생산성지수

투입물 요구집합(input requirement set)를 $L^t(y^t)$ 하고 하며, 투입물 $x=(x_1, x_2, \dots, x_N) \in R_+^N$ 을 산출물 $y=(y_1, y_2, \dots, y_N) \in R_+^N$ 로 전환하는 것이다. 이때 $t(t=1, 2, \dots, T)$ 기간 K 개 기업은 투입물 N 로 산출물 M 을 생산하고 다음과 같은 식(3)의 관계가 형성된다.

$$L^t(y^t) = \{x^t : (x^t, y^t) \in S^t\}, \quad t=1, \dots, T \quad (3)$$

이때, 선형근사(piecewise linear)적 투입물 요구집합(Färe, Grosskopf and Lovell(1985))을 가정하며 $L^t(y^t)$ 에 대하여서는 규모보수불변(CRS)을 가정하고 있다. 따라서 $L^t(y^t)$ 은 다음의 식 (4)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} L^t(y^t) = \left\{ x^t : y_m^t \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, \quad m=1, \dots, M \right. \\ \left. x_n^t \geq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_n^{k,t}, \quad n=1, \dots, N, \right. \\ \left. z^{k,t} \geq 0, \quad k=1, \dots, K \right\} \quad (4) \end{aligned}$$

한편, 투입물 거리함수는 다음 식 (5)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} D_i^t(y^t, x^t) = \text{Maximize } \{ \theta : (x^t/\theta, y^t) \in L^t(y^t) \}, \quad \theta > 0 \\ \text{if } x^t \in L^t(y^t) \text{ 라면 } D_i^t(y^t, x^t) \geq 1 \quad (5) \end{aligned}$$

그리고 이런 투입물 거리함수 $D_i^t(y^{k,t}, x^{k,t})$ 의 값은 다음 식 (6) 선형계획식으로 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 [D_i^t(y^{k,t}, x^{k,t})]^{-1} &= \text{Minimize } \theta, \\
 \text{s.t. } y_m^{k,t} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, \quad m=1, \dots, M \\
 \theta x_n^{k,t} &\geq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_n^{k,t}, \quad n=1, \dots, N, \dots\dots\dots (6) \\
 z^{k,t} &\geq 0, \quad k=1, \dots, K
 \end{aligned}$$

아울러 기타 3개의 투입물 거리함수의 값도 아래 식 (7) 선형계획식으로 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_i^{t+1}(y^t, x^t) &= \text{Maximize } \{ \theta : (x^t/\theta, y^t) \in L^{t+1}(y^t) \}, \quad \theta > 0 \\
 D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1}) &= \text{Maximize } \{ \theta : (x^{t+1}/\theta, y^{t+1}) \in L^t(y^{t+1}) \}, \quad \theta > 0 \\
 D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}) &= \text{Maximize } \{ \theta : (x^{t+1}/\theta, y^{t+1}) \in L^{t+1}(y^{t+1}) \}, \quad \theta > 0 \dots\dots\dots (7)
 \end{aligned}$$

이때 맘퀴스트 생산성 지수는 아래 식 (8)과 같이 도출된다.

$$M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t)} \cdot \frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

이 맘퀴스트 생산성지수는 기술변화와 기술효율성 변화로 분해가 가능하다(Färe et al. 1989). 따라서 맘퀴스트 생산성지수는 아래 식 (9)와 같이 분해할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) &= \frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t)} \\
 &\cdot \left[\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (9)
 \end{aligned}$$

이때 []는 기술변화(Technical Change)이며, 밖의 값은 Farrell(1957)이 정의한 기술효율성 변화(Technical Efficiency Change)이다. 이 기술효율성 변화는 다시 순기술효율성 변화와 규모효율성 변화로 분해가 가능하다(Färe, Grosskopf and Lovell(1994)). 그러므로 기술효율성은 다음의 식 (10)과 같이 분해 가능해진다.

$$\begin{aligned}
 TC_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) &= \left[\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \text{이므로} \\
 M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t | C, S) &\dots\dots\dots (10) \\
 &= \frac{D_i^t(y^t, x^t | VRS)}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1} | VRS)} \cdot \frac{S_i^t(y^t, x^t)}{S_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \cdot TC_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t)
 \end{aligned}$$

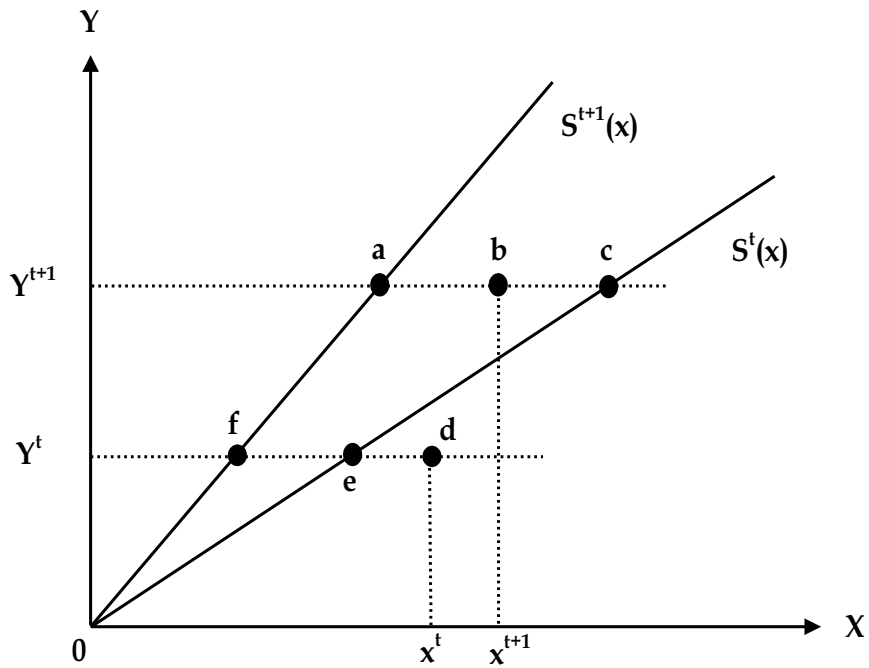
이상의 수식 관계를 그림으로 표시하면 아래 <그림 2-1>과 같이 표시할 수 있다. 이때 t 기의 생산가능집합을 S^t , $t+1$ 기의 생산가능집합을 S^{t+1} 라고 하고, (x^t, y^t) 와 (x^{t+1}, y^{t+1}) 간의 생산성 지수는 X 축에서 각 점까지의 거리에 의하여 표시할 수 있다. 따라서 맘퀴스트 생산성지수는 아래 식 (11)과 같이 거리함수의 형태로 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) &= \frac{0e}{0d} / \frac{0a}{0b} \left[\frac{0a/0b}{0c/0b} \cdot \frac{0f/0d}{0e/0d} \right]^{1/2} \\
 &= \frac{0e}{0d} / \frac{0a}{0b} \left[\frac{0a}{0c} \cdot \frac{0f}{0e} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (11)
 \end{aligned}$$

따라서 맘퀴스트 생산성 지수는 DEA방법으로 추정할 수 있는 4개 거리함수 ($D^t(X^t, Y^t), D^t(X^{t+1}, Y^{t+1}), D^{t+1}(X^t, Y^t), D^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})$)을 추정하면 계측이 가능해진다.

이 연구에서 이렇게 맘퀴스트 생산성 변화지수를 사용하는 이유를 들어 보면 맘퀴스트 생산성지수는 몇 가지 중요한 장점을 지니고 있기 때문이다. 첫째, 맘퀴스트 생산성지수는 농가생산의 비효율성 가정하에서 도출하는 것으로 생산 농가가 비효율적으로 생산한다는 것이 더욱 현실적인 가정이다.

그림 2-1. 총생산성 변화의 효율성 변화와 기술변화 분리



둘째, 쌀 농가의 경제행위를 가정함에 있어 이윤최대화 또는 손실최소화 같은 가정은 현실적으로 쌀 농가의 경제행위와 일치하지 않을 수 있다. 일반적으로 소규모 영세농가는 생산의 목적이 소득 최대화 또는 최대의 생산 등에 있는 경우가 많다. 따라서 일반기업과 같이 이윤최대나 손실최소 같은 가정은 때로는 비현실적인 가정이 된다.

셋째, 쌀 생산을 위한 투입과 산출에 관한 가격정보 획득이 어렵거나 획득한 정보가 실제로 시장가격을 잘 반영하지 못하기 때문이다. 맘퀴스트 생산성지수는 이용 가능한 자료가 패널자료(panel data)로 구성될 경우, 가격 자료 없이도 생산성지수를 도출할 수 있는 장점이 있다. 쌀 가격을 예로 들면, 수매 또는 방출가격이 정부의 정책의도로 조정되어 시장가격을 정확히 반영하고 있지 않으며 투입의 경우도 자가노력비 또는 토지용역비 등은 시장가격을 정하기 어려운 경우가 많다.

넷째, 맘퀴스트 생산성지수는 생산성 변화 요인을 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화로, 또한 기술효율성을 배분효율성과 규모효율성으로 분해 할 수 있는 장점을 지니고 있다.

다섯째, DEA의 비모수적 특성을 활용할 수 있기 때문에 투입물과 산출물이 여러 가지일 경우에도 적용·분석이 용이하다.

여섯째, 농가의 특성별(규모별, 지대별) 또는 시기별로 생산성 지수를 계측할 수 있고 이를 요인별로 구분할 수 있는 장점을 지니고 있다.

1.3. 쌀산업에 있어 기술 개발투자와 생산성과의 관계

일반적으로 기술 개발투자의 성과 분석을 위해서는 투입요소로 기술 개발스톡을 이용한다. 이는 산업 성장의 기여도를 파악함에 있어 자본의 기여도를 파악하기 위하여 자본스톡의 개념을 활용하는 것과 비슷하다. 기술 개발스톡의 추계방법도 자본스톡을 추정하는 방법과 비슷하다. 이는 기술혁신노력이 마치 자본이 형성되는 것과 마찬가지로 새로운 지식을 축적하여 기존의 기술 개발스톡에 누적적으로 더해진다고 보는 것이다.

또한 기술 개발스톡이 형성될 때 일정한 시차를 두고 그 성과가 나타난다고 보아야 한다. 이는 기술 개발 과정 자체가 시간이 걸리기도 하지만, 기술 개발이 생산성 향상과 연계되기 위한 시간이 필요하다는 것을 의미한다.

이상과 같이 기술 개발스톡이 누적적으로 보태져 생산에 기여하고 일정한 시차를 가지고 생산성 향상에 기여한다는 것을 고려하여 기술 개발스톡을 계산하는 방법은 여러 가지가 있는데 이 연구에서는 기준 연도 접속법을 응용하여 기술 개발스톡을 추계한다.² 기술 개발스톡은 식 (12)와 같이 정의된다.

$$TSt = TFt-q + (1-\delta)TSt-1 \dots\dots\dots (12)$$

² 이 연구에서는 장진규(2002), “국내 연구개발투자 현황 및 경제효과분석”에서 기술 개발스톡을 도출하는 방법을 활용한다.

여기서, TS_t 는 t 기의 R&D 스톡이며 TF_t 는 t 기에 공급된 기술지식형성의 흐름(flow), δ 는 기술 개발스톡 중 t 기에 감가(진부화)된 비율, q 는 연구개발시차를 나타낸다. 여기서 식 (12)를 이루는 t 기에 새로 공급된 기술지식형성의 흐름을 나타내는 TF_t 는 아래 식(13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TF_t = \sum_{i=0}^t \lambda_i RD_{t-i}, \dots\dots\dots (13)$$

이때 RD_t 는 t 기의 연구개발투자이고 λ 는 시차 분포를 의미한다. 이상의 식 (12)와 식 (13)을 이용하여 기술 개발스톡을 추계하기 위해서는 우선 전제되는 첫해의 기술 개발스톡을 알아야 한다. 첫해의 기술 개발스톡을 알기 위해서 영구재고법을 활용할 수 있는데 첫해의 기술 개발스톡을 이미 오래전부터 매년 새롭게 형성된 기술지식이 누적되어 온 결과로 본다면 식 (12)는 아래 식 (14)와 같이 변형된다.

$$TS_{tb} = \sum_{i=0}^{\infty} TF_{tb-i}(1-\delta)^i \dots\dots\dots (14)$$

여기서, tb 는 기준 연도

이 연구에서는 농업기술개발이 농업생산성에 미친 기여도를 측정하기 위하여 계측된 맘퀴스트 생산성지수(중속변수)와 농업기술개발투자를 회귀분석하기로 한다. 이들 관계는 생산성 지수를 농업기술개발투자의 이차함수로 설정하여 추정하기로 한다.

한편, 쌀 기술 개발투자의 성과 분석을 위한 방법으로 쌀 기술 개발투자의 내부수익률을 추정하는 것이 가장 보편적이다. 이렇게 기술 개발투자의 내부투자수익률을 추정하는 방법으로 크게 모수적 방법과 비모수적 방법이 있는데 이 연구에서는 모수적 방법을 적용하기로 한다. 비모수적 방법으로 기술 개발투자의 내부수익률을 구한 연구에서 대표적인 연구는 Chavas and Cox (1992)을 들 수 있다. 그리고 모수적 방법에 의해서 기술 개발투자의 수익률을 구하는 방법은 먼저 기술 개발투자가 있을 경우와 없을 경우의 생산성 차

이를 산출한 후에 생산성 증가로 인한 효과와 비용 차이를 계산하여 투자내부수익률을 산출하는 것이다.

2. 분석을 위한 이용 자료

이 연구에서는 쌀산업의 생산성을 계측을 위하여 농림부의 농산물 생산비 조사 자료(2003)의 쌀 생산비 자료를 이용하였다. 분석기간은 1998년부터 2002년까지 5개년을 대상으로 하였다. 이처럼 분석기간을 단기간인 5개년으로 설정한 이유는 무엇보다 표본농가의 일관성을 유지하기 위해서이다. 농림부는 쌀 생산비 조사 자료와 농가경제조사자료의 표본농가를 5년을 주기로 변경하고 있다. 생산성 계측을 위해서는 연도별 자료가 동일한 생산자로 구성되어야 하므로 표본농가가 일치하는 지난 5년간을 분석기간으로 설정하였다. 또한, 안동환(1998)의 연구에 있어서는 지난 1993년부터 1997년까지 5년간을 분석하였는데 이도 표본농가가 일치하는 기간인 5년을 기준으로 하였기 때문이다. 비록 1998년부터 2002년의 5년간의 분석이나 이 분석에 있어 기본적인 추세를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 안동환 연구에서 그 전 5년간의 추세와도 비교가능하다는 장점이 있다.

그리고 산출자료로 활용한 것은 쌀이란 단일 산출물을 사용하였다. 여기서는 부산물을 제외하였으며, 산출량은 조곡생산량(kg)을 기준으로 하였다. 한편, 투입요소로는 토지비용, 노동비용, 자본비용, 농구비, 비료비, 농약비, 기타 비용 등 7개 비용항목을 선정하였는데 투입자료로 이용한 것은 이들 비용항목의 실질지출액이다. 맘퀴스트 생산성지수는 패널자료가 구성되면 가격자료가 없이도 투입과 산출 비교가 가능하다. 그러나 이 연구에서는 투입물의 수량과 가격을 분리시키지 않고 비용을 투입물로 간주하여 분석을 보다 용이하게 하려 하였다. 이때 모든 지출액은 농가구입가격지수로 디플레이트한 것이며, 7개 비용항목에 포함되는 구체적인 비용항목들은 아래 <표 2-1>과 같다.³

³ 안동환(1998)이 적용한 방식을 적용한다.

표 2-1. 7개 비용항목에 포함되는 세부비용항목

생산비용 항목	포함 항목
토지 관련 비용	토지용역비, 수리비(水利費)
노동비용	자가노력비, 고용노력비
자본비용	고정자본용역비, 유동자본용역비
농구비	대농구 감가상각비 및 수리(修理)·유지(維持)·임차(賃借) 비용, 소농구비
비료비	무기질비료비, 유기질비료비
농약비	농약비
기타비용	종자비, 영농광열비, 영농시설비, 위탁영농비, 축력비, 기타 재료비

농업기술개발투자에 관한 통계는 농촌진흥청(2000)의 “농업생산기술평가시스템구축에 관한 연구”에서 제시된 자료를 활용하였다. 이 연구에서는 제3장에 나와 있는 <표 3-4, 3-5>에서와 같이 농업총연구비와 미곡연구비가 1998년까지만 조사되어 있다. 이에 따라 1999년 이후의 미곡연구비는 1998년까지의 추세치를 2002년까지 연장하여 추정하였다.

그리고 패널자료(Panel data)의 횡단면자료는 생산 농가의 규모별로 분류한 자료를 이용하였다. 이때 생산 농가의 규모를 9개 유형으로 분류하였는데, 이를 각각 0.5 ha 미만, 0.5~1.0ha, 1.0~1.5ha, 1.5~2.0ha, 2.0~2.5ha, 2.5~3.0ha, 3.0~5.0ha, 5.0ha 이상, 그리고 전국 평균 규모 등 9개의 규모로 분류하였다. 그리고 앞에서 이미 언급한 바와 같이 패널자료의 시계열자료는 1998년부터 2002년까지 5년간이다. 그리고 실제 쌀 산출과 투입에 관한 설명 통계량(평균과 표준편차 등)은 <표 2-2>와 같다. 이들 쌀 생산비를 살펴보면, 쌀 생산비는 1997년을 정점으로 하여 1998년부터 하락하여 2002년에 가장 낮아진 것으로 나타났다.

표 2-2. 미곡생산비(10a당, 논벼)의 통계량

단위: 원, 2000년 불변가격

구 분		토지	노동	자본	농구	비료	농약	기타	합계
1990	M	330,582	157,285	28,122	69,820	26,372	21,164	17,508	650,851
	SD	8,756	23,952	1,948	7,083	901	836	1,391	23,445
1991	M	284,552	158,825	27,009	74,227	23,255	19,782	17,583	605,233
	SD	15,286	19,849	1,665	6,313	321	319	2,033	15,743
1992	M	249,655	150,355	27,192	71,987	22,115	17,551	16,394	555,249
	SD	13,263	22,351	1,836	10,190	485	892	3,380	24,819
1993	M	226,552	158,387	32,079	77,420	23,318	22,166	17,101	557,022
	SD	16,262	14,174	1,017	9,816	676	661	3,365	11,974
1994	M	224,497	148,513	30,294	78,037	21,998	19,307	18,104	540,750
	SD	20,194	12,394	1,429	8,925	551	631	3,318	11,506
1995	M	226,767	139,932	27,236	75,373	21,052	19,153	17,298	526,810
	SD	21,983	11,799	1,044	9,201	486	344	3,708	10,923
1996	M	247,619	135,488	27,222	76,031	19,984	21,073	18,385	545,801
	SD	32,023	11,572	1,640	9,358	651	1,327	3,754	18,756
1997	M	250,235	135,417	26,817	76,350	20,393	23,569	18,392	551,174
	SD	31,782	10,728	1,545	10,715	475	1,149	4,076	14,289
1998	M	240,925	129,843	27,122	75,259	24,313	31,819	17,933	547,213
	SD	14,342	13,559	964	13,229	575	1,563	2,410	19,838
1999	M	248,184	121,447	27,083	75,786	24,797	28,351	19,239	544,888
	SD	19,396	10,248	1,568	12,995	1,243	976	4,012	14,863
2000	M	249,361	111,982	25,861	76,651	23,397	26,951	20,468	534,672
	SD	20,378	10,319	1,273	13,959	769	1,217	4,133	13,232
2001	M	229,727	106,845	24,759	73,224	22,886	24,087	20,902	502,430
	SD	14,357	10,011	1,334	12,788	1,118	1,387	4,342	14,750
2002	M	222,533	100,136	23,463	70,788	22,909	20,258	20,642	480,728
	SD	14,123	12,794	1,753	13,485	1,331	1,463	5,187	18,688

주: 평균(M), 표준편차(SD)

제 3 장

생산성 변화의 계측과 기술 개발투자수익률 계측

1. 거리함수의 계측

이 연구에서는 DEA 분석방법을 이용하여 쌀 생산 농가들의 거리함수를 계측하였다. 이때 거리함수를 계측함에 있어 불변규모(CRS)를 가정하였다. 여기서 거리함수를 계측한 결과로 나타난 값은 상대적 효율성을 의미한다. 그리고 도출된 값이 1인 경우는 생산이 완전 효율적으로 이루어지는 상태를 의미하며, 1을 중심으로 도출된 값이 1에 가까울수록 생산 프런티어 근처에서 생산하는 것을 나타내는 것으로 생산이 상대적으로 효율적으로 이루어지고 있음을 의미한다.

실제 자료를 거리함수 식에 대입하여 계산한 결과, 규모별로 추정한 연도별 쌀 생산의 거리함수 값이 <표 3-1>과 같이 나타났다. <표 3-1> 결과에 의하면 표본 기간인 1998년부터 2002년까지의 5년간 한국 쌀산업의 기술효율성 평균은 0.999이었다. 그리고 대부분의 쌀 생산 농가들이 생산 프런티어곡선 상이나 프런티어곡선 근처에서 생산하고 있어 쌀 생산 농가들은 상대적으로 효율적인 생산을 하고 있음을 보여 주고 있다.

표 3-1. 쌀 생산 농가들의 규모별 · 연도별 거리함수 값(기술효율성)

연도	전국 평균	0.5ha 미만	0.5~ 1.0ha	1.0~ 1.5ha	1.5~ 2.0ha	2.0~ 2.5ha	2.5~ 3.0ha	3.0~ 5.0ha	5.0ha 이상	평균
1998	1.000	1.000	1.000	1.000	0.975	1.000	0.982	0.985	1.000	0.994
1999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2000	1.000	1.000	1.000	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999
2001	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000	0.989	1.000	1.000	1.000	0.997
2002	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	0.986	1.000	1.000	1.000	0.998
평균	1.001	1.000	1.000	1.000	0.994	1.004	0.996	0.996	1.000	0.999

주: 평균은 산술평균값임.

그러나 이렇게 쌀 생산 농가들의 기술 효율성이 1과 근사한 값을 갖게 된 것이 실제로 쌀 생산 농가가 효율적으로 생산하고 있다고 보기보다는 각 규모별로 대표농가들을 표본농가로 하기 때문에 이들 소규모 대표 표본농가들의 분산이 적어 비교적 효율적인 생산으로 나타났기 때문으로 보는 것이 타당할 것이다. 한편, 이들 값들을 규모별로 비교해 보면 기술효율성 값이 가장 높은 것은 2.0ha~2.5ha 미만 규모 농가로 1.004로 나타났다.

2. 쌀산업의 맘퀴스트 생산성지수

2.1. 맘퀴스트 생산성 지수의 계측

거리함수를 이용하여 계측한 쌀산업의 맘퀴스트 생산성지수와 생산성지수를 분해한 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화 값은 <표 3-2>와 같다. <표 3-2>에 나타난 생산성지수는 인접한 두 기간에 맘퀴스트 생산성지수가 얼마나 변화했는지를 보여 주는 것이다. 이 지수 값이 1보다 크면(작으면, 같으면) 생산성이 전기에 비하여 향상(악화, 불변)되었음을 의미한다. 그리고 해당 기간의 생산성의 연평균 변화율은 <표 3-2>에 나와 있는 수치에서 1을 뺀 값이다.

표 3-2. 규모별·연도별 맘퀴스트 생산성지수(TFPCH), 기술효율성(EFFCH) 변화, 기술수준(TECHCH)의 변화 추정치

연도		전국 평균	0.5ha 미만	0.5~ 1.0ha	1.0~ 1.5ha	1.5~ 2.0ha	2.0~ 2.5ha	2.5~ 3.0ha	3.0~ 5.0ha	5.0ha 이상	평균
98/99	생산성지수	1.331	0.906	0.684	1.023	0.990	0.967	1.039	1.097	0.953	0.986
	기술효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.025	1.000	1.018	1.015	1.000	1.006
	기술변화	1.331	0.906	0.684	1.023	0.966	0.967	1.021	1.080	0.953	0.979
99/00	생산성지수	0.433	1.212	1.030	1.005	1.020	2.286	1.218	1.044	1.020	1.057
	기술효율성	1.000	1.000	1.000	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999
	기술변화	0.433	1.212	1.030	1.019	1.020	2.286	1.218	1.044	1.020	1.058
00/01	생산성지수	1.072	0.913	1.153	1.919	1.095	0.568	0.871	1.176	2.725	1.158
	기술효율성	0.979	1.000	1.000	1.014	1.000	0.989	1.000	1.000	1.000	0.998
	기술변화	1.094	0.913	1.153	1.893	1.095	0.574	0.871	1.176	2.725	1.161
01/02	생산성지수	0.987	0.939	0.972	0.843	1.615	0.946	0.977	1.002	0.759	0.984
	기술효율성	1.016	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	1.000	1.000	1.000	1.001
	기술변화	0.972	0.939	0.972	0.843	1.615	0.950	0.977	1.002	0.759	0.982
평균	생산성지수	0.884	0.985	0.943	1.136	1.156	1.044	1.019	1.078	1.191	1.044
	기술효율성	0.999	1.000	1.000	1.000	1.006	0.996	1.004	1.004	1.000	1.001
	기술변화	0.885	0.985	0.943	1.136	1.149	1.048	1.014	1.074	1.191	1.043

주1) 생산성지수(TFPCH)=기술효율성의 변화(EFFCH)·기술수준의 변화(TECHCH).

2) 규모별, 기간별 평균은 기하평균임.

1998년부터 2002년 5년간 쌀산업의 총요소생산성은 연평균 4.4% 증가한 것으로 추정되었다. 이를 규모별로 볼 때, 쌀산업의 총요소생산성 연평균 성장률이 가장 높은 규모는 5ha 이상의 규모로 연평균 19.1%의 성장률을 보였다. 그다음으로 높은 성장률을 보인 규모는 1.5~2.0ha 미만의 규모로 연평균 15.6%씩 성장한 것으로 나타났다. 1.0~1.5ha 미만의 규모는 13.6%의 성장률을 보였다. 그러나 이들과 달리 연평균성장률이 감소한 것들도 있는데 0.5~1.0ha 미만의 규모는 5.7%, 0.5ha 미만의 규모는 1.5%씩 감소한 것으로 나타났다. 그리고 전국평균 쌀 농가들은 총요소생산성이 11.6%씩 감소한 것으로 나타났다.

연도별로 볼 때 쌀산업의 생산성은 연평균 4.4%씩 증가하였으나, 전국 평균 쌀 농가들의 생산성이 11.6% 감소한 이유는 전체 쌀 농가에서 1.0ha 미만의 쌀 농가의 비중이 높아 이들 쌀 농가들의 생산성 감소가 전체 쌀 생산 농가의 생산성을 하락시켰기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 쌀산업의 생산성이 가장 높게 향상된 기간은 2000년에서 2001년간으로 연간 생산성이 15.8% 증가하였다.

2.2. 생산성 변화의 요인 분석

인접한 두 기간 맘퀴스트 생산성지수(TFPCH)는 생산 프런티어곡선의 이동을 나타내는 기술수준의 변화(TECHCH)와 생산 프런티어곡선으로 이동을 나타내는 기술효율성(EFFCH)의 곱이다. 기술수준의 변화(TECHCH)와 기술효율성(EFFCH)도 전년대비의 비율이기 때문에 이 숫자가 1보다 크면(작으면, 같으면) 기술수준과 기술 효율성이 전기에 비하여 향상(악화, 불변)되었음을 의미한다. <표 3-2>의 수치에서 1을 뺀 수치는 해당 기간의 연평균 기술효율성 변화와 기술수준의 변화를 나타내는 것이다.

<표 3-2>에서 보는 바와 같이, 표본 기간 기술수준의 연평균 변화율은 4.3%로 나타났다. 기술진보가 가장 높은 규모는 5.0ha 이상으로 연평균 19.1% 기술수준의 향상을 보여 주었으며, 1.0ha 미만은 기술수준의 변화가 하락하는 현상을 보였다. 연도별로 볼 때는 2000년에서 2001년간 5.0ha 이상 규모의 기술혁신이 매우 높았으며, 이 기간의 기술혁신으로 인하여 전체 기간에 있어 기술진보가 높게 나타나는 결과를 가져왔다.

한편, 표본 기간 기술효율성의 연평균 변화율은 0.1%로 매우 안정적인 상태를 보였다. 규모별로 볼 때, 기술 효율성이 개선된 규모는 1.5ha - 2.0ha 미만, 2.5ha 이상의 규모이었으며 기술 효율성이 떨어진 규모는 2.0ha - 2.5ha이었다.

표본 기간에 쌀산업의 생산성 연평균 성장률 4.4%에 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화가 기여한 것을 살펴보면, 기술 효율성이 0.1%, 기술수준의 변화가 4.3% 기여한 것으로 나타났다. 이는 쌀산업의 총요소생산성 향상에

기술효율성의 개선보다는 기술진보가 훨씬 큰 기여를 하였다는 것을 보여 주는 결과이다. 이 결과에 따르면 쌀 생산성을 위해서는 농가 단위의 효율을 높이는 기술보급보다는 기술혁신 자체에 보다 정책적인 투자와 배려가 우선 되어야 함을 보여 주고 있다. 한편, 5 ha 이상의 규모에서 기술진보가 가장 높은 것으로 나타나 규모의 경제성이 기술진보에 의하여 이루어지고 있음을 보여 주고 있다.

이상과 같은 결과는 기존 연구 결과와 상반되는 것으로 기술 개발과 연관하여 볼 때 쌀산업의 경우 기술보급보다는 기술 개발에 보다 정책적 우선순위를 두어야 함을 의미한다. 즉 기존 선행 연구들은 상당수의 쌀 생산 농가들이 농가 단위에서 비효율적인 생산을 하고 있다는 것을 규명하였으나, 이 연구에서 계측한 맘퀴스트 생산성 지수를 요인별로 분석한 결과에 따르면 농가 간 기술효율성에는 큰 차이를 보이지 않았고 농가 간 기술수준의 차이가 생산성 차이로 귀결되고 있었다. 오히려 전국 평균농가들에 있어 생산성이 하락하고 기술적 비효율성이 나타나고 있는 것은 1.0ha 미만 농가들의 생산성과 기술 효율성이 낮기 때문인 것으로 이해해야 할 것이다.

앞의 이론적 검토에서 이미 도출한 바와 같이 기술효율성의 변화는 순수효율성의 변화와 규모효율성의 변화로 분해할 수 있다. <표 3-3>는 규모별 시기별로 이들 값들의 변화를 계측한 결과이다. <표 3-3>에 의하면, 표본 기간 순수효율성의 변화율은 변화하지 않은 것으로 나타났으며, 규모별 차이는 거의 없고, 2.0ha - 2.5ha 규모에서 순수 효율성이 0.2% 하락한 것으로 나타났다. 그리고 표본 기간 규모효율성의 연평균 변화율은 0.1%로 계측되었으며 1.5ha에서 5.0ha 규모에서 연평균 규모효율성 변화율이 증가한 것으로 나타났다.

표 3-3. 규모별·연도별 기술효율성(EFFCH) 변화, 순수효율성(PECH)의 변화, 규모효율성(SECH)의 변화, 추정치

연도		전국 평균	0.5ha 미만	0.5~ 1.0ha	1.0~ 1.5ha	1.5~ 2.0ha	2.0~ 2.5ha	2.5~ 3.0ha	3.0~ 5.0ha	5.0ha 이상	평균
98/99	기술효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.025	1.000	1.018	1.015	1.000	1.006
	순수효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	규모효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.025	1.000	1.018	1.015	1.000	1.006
99/00	기술효율성	1.000	1.000	1.000	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999
	순수효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	규모효율성	1.000	1.000	1.000	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999
00/01	기술효율성	0.979	1.000	1.000	1.014	1.000	0.989	1.000	1.000	1.000	0.998
	순수효율성	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998
	규모효율성	0.991	1.000	1.000	1.014	1.000	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000
01/02	기술효율성	1.016	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	1.000	1.000	1.000	1.001
	순수효율성	1.012	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000
	규모효율성	1.004	1.000	1.000	1.000	1.000	1.004	1.000	1.000	1.000	1.001
평균	기술효율성	0.999	1.000	1.000	1.000	1.006	0.996	1.004	1.004	1.000	1.001
	순수효율성	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000
	규모효율성	0.999	1.000	1.000	1.000	1.006	0.999	1.004	1.004	1.000	1.001

주 1) 기술효율성(EFFCH) = 순수효율성(PECH) · 규모효율성(SECH).

2) 규모별, 기간별 평균은 기하평균임.

3. 쌀산업의 생산성변화와 기술 개발투자와의 관계

3.1. 농업연구비와 쌀 연구비의 현황

쌀 생산성과 기술 개발투자와의 관계를 알아보기 위해서 우선 필요한 것은 쌀 부문에 투입된 기술투자액이 얼마인지이다. 그동안 농업부문별(주요 작목별) 기술 개발투자비에 대한 시계열 자료를 구하는 것이 매우 어려웠다. 그러나 농촌진흥청 연구(2000)에서 농업부문별 기술 개발투자비(연구개발)에 대한 시계열자료를 구성한 바 있다. 이 연구에서는 쌀의 기술 개발투자비로 농촌진흥청 연구에서 구성된 시계열자료를 이용한다. 쌀 기술 개발투자비를 구하는 과정은 먼저 연도별로 총 연구항목에서 수도연구항목의 비율을 구한 후에 이를 농업연구비에 곱한다. 즉 전체 농업연구비 중에서 쌀 연구비로 배정되는 금액은 전체 연구항목에서 수도연구항목의 비중만큼 배분된다고 가정하는 것이다.

이런 과정을 거쳐서 도출된 연도별 쌀 기술 개발투자비는 <표 3-5>와 같다. 한편, <표 3-4>에 나와 있는 수도연구비율을 살펴보면 수도연구비율은 1985년에 최고 정점에 도달한 이후에 계속 하락해 왔으나 쌀 기술 개발투자비는 절대 규모 면에서 1999년과 2000년을 제외하고 지속적으로 증가하여 왔다. 즉 농업 생산구조가 미백 중심에서 과일, 채소, 특작의 비중이 높아지면서 연구항목의 비중도 쌀 비중이 점차 감소하고 있음을 보였지만, 전체 농업연구비액이 크게 증가하면서 쌀 기술 개발투자비의 절대액도 증가하는 것으로 나타난 것이다.

표 3-4. 농업연구비와 쌀 연구비율

단위: 백만원, %

연도	농업 연구비	축산 연구비	원예 연구비	총 연구항목	수도 연구항목	수도 연구비율
1970	5,576	170	146	664	197	29.67
1971	6,569	161	173	665	202	30.38
1972	6,540	182	179	665	213	32.03
1973	7,198	187	186	681	219	32.16
1974	17,328	213	192	690	228	33.04
1975	19,315	493	251	781	240	30.73
1976	21,332	610	351	832	271	32.57
1977	24,589	630	673	949	347	36.56
1978	32,977	757	610	1,072	386	36.01
1979	46,185	967	760	1,114	411	36.89
1980	50,670	1,248	1,053	1,154	408	35.36
1981	48,996	1,557	1,084	1,221	429	35.14
1982	69,080	1,960	1,048	1,319	477	36.16
1983	66,424	2,302	1,540	1,401	490	34.98
1984	77,519	2,183	1,143	1,489	539	36.20
1985	82,614	2,645	1,254	1,535	560	36.48
1986	101,604	2,961	1,445	1,657	577	34.82
1987	112,754	3,316	1,705	1,775	600	33.80
1988	127,296	3,684	1,847	2,006	634	31.61
1989	144,521	4,263	1,735	2,564	811	31.63
1990	151,279	5,114	2,156	3,230	903	27.96
1991	184,596	6,264	2,848	3,583	924	25.79
1992	227,103	7,009	8,016	4,311	982	22.78
1993	381,105	7,810	12,040	5,041	1,070	21.23
1994	398,979	9,276	13,679	5,575	1,072	19.23
1995	497,364	13,770	16,980	6,731	1,166	17.32
1996	528,558	16,142	19,385	7,166	1,324	18.48
1997	577,617	20,438	24,311	7,609	1,401	18.41
1998	583,432	19,390	21,406	7,217	1,434	19.87

자료: 농촌진흥청(2000). 『농업생산기술평가 시스템 구축에 관한 연구』

표 3-5. 쌀 기술 개발비와 쌀 기술 개발스톡의 계측

단위: 백만원

연도	쌀 기술개발투자비	쌀 기술개발스톡
1980	17,916.912	13,156.120
1981	17,217.194	16,868.546
1982	24,979.328	21,310.538
1983	23,235.115	27,895.197
1984	28,061.878	30,960.791
1985	30,137.587	32,790.640
1986	35,378.512	41,260.186
1987	38,110.852	42,430.903
1988	40,238.265	49,072.242
1989	45,711.992	53,777.255
1990	42,297.608	61,022.057
1991	47,607.308	66,167.913
1992	51,734.063	70,523.870
1993	80,908.591	77,347.024
1994	76,723.661	78,730.483
1995	86,143.444	88,376.190
1996	97,677.518	98,949.668
1997	106,339.28	130,461.95
1998	115,927.93	136,344.27
1999	105,560.46	152,728.77
2000	110,819.96	169,504.04
2001	116,079.46	182,075.02
2002	121,338.96	194,360.50

3.2. 농업기술개발스톡의 계측

앞의 제2장에서 언급한 바와 같이 생산성과 기술 개발관계를 파악하기 위해서는 기술 개발스톡을 도출하는 과정이 필요하다. 쌀 기술 개발스톡은 도출된 쌀 기술 개발투자비를 기준으로 제2장의 식 (12)~(14)를 이용하여 도출한다. 그러나 기술 개발스톡을 도출하기 위해서는 기술(연구)개발투자의 시차와 그 시차가 어떤 형태를 지니고 나타나는지를 알아야 한다.

선행 연구에 따르면 쌀 기술 개발의 시차는 짧게는 5년부터 길게는 30년까지 매우 다양하다. 그러나 이 연구에서는 최근 연구이면서 타당성을 갖고 있다고 생각하는 박정근 연구에서 제시된 8년 시차를 적용하기로 한다. 또한 시차분포도 역 V형, 사다리형, 다항분포 등 다양하다. 이 연구에서는 시차분포가 역 V형 형태를 취한다고 가정한다.

이상과 같이 공식 (12)~(14)와 쌀 기술 개발의 시차기간과 시차분포에 대한 가정을 설정한 뒤 도출한 쌀 부문 기술 개발스톡의 값이 <표 3-5>에 나타나 있다. 쌀 부문의 기술 개발스톡 값은 1980년 이후 지속적으로 그 증가율이 높아지는 경향을 보이고 있다.

3.3. 쌀 생산성변화와 쌀 기술 개발투자와의 관계

먼저 쌀산업에 있어 기술 개발투자와 생산성과는 밀접한 관계가 있는지 여부를 살펴보기 위하여 쌀의 기술 개발스톡액과 쌀 생산성과 회귀분석을 시행하였다. 이들 관계를 나타내는 식은 일차함수이기보다 이차함수 형태가 훨씬 설명력이 높은 것으로 나타났다. 이렇게 이차함수가 보다 설명력이 높게 나타난 것은 쌀 기술 개발스톡의 증가가 쌀 생산성의 한계 영향이 감소한다는 사실과 부합한다고 할 수 있다.

그리하여 쌀 생산성변화와 기술 개발투자와의 관계는 아래 식 (15)과 같이 이차함수의 형태로 설정되었다.

$$TFP = a + b RD + RD^2 \dots\dots\dots (15)$$

여기서 TFP는 쌀 생산성, RD는 기술 개발스톡을 말한다.

이 이차함수를 계측한 결과는 아래 식 (16)과 같이 나타났다. 식(16)에서 보듯이 쌀 기술 개발스톡은 쌀 생산성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 모형은 1980년부터 2002년까지 23년간 쌀 생산성 변화의 82%를 설명하고 있다. 그리고 설명변수의 계수들은 대체로 통계적 유의성이 높은 것으로 나타났다.

$$\begin{aligned} \text{TFP} = & 76.553 + 0.419\text{RD} - 0.002\text{RD}^2 \dots\dots\dots (16) \\ & (0.0007) \quad (0.0891) \quad (2.0724) \\ R^2 = & 0.82, () \text{ 안은 표준편차.} \end{aligned}$$

3.4. 쌀 기술 개발투자의 내부수익률 추정

이미 앞의 이론적 검토 과정에서 살펴보았듯이 쌀 기술 개발투자의 성과를 계측하는 방법으로 모수적 방법과 비모수적 방법이 있다. 비모수적 방법의 대표적인 연구는 Chavas and Cox(1988; 1990; 1992)인데, 우리나라에서는 권오상(2003)연구에서 이 방법을 처음 적용하였다. 권오상(2003)은 1980년부터 1998년까지 29년간의 연간자료를 이용하여 투입과 산출 및 가격에 관한 지수를 작성한 뒤 3단계로 기술 개발(연구개발)투자의 성과를 분석하였다. 여기서 3단계 절차는 1단계로 Hanoch와 Rothschild(1972), Varian 등이 개발한 바 있는 비모수적 생산이론을 위 모형에 적용하여 쌀 생산자가 합리적으로 생산하기 위한 전제조건을 도출한다. 2 단계로는 투입과 산출함수에 적절한 함수 형태를 부여하고 기술 개발투자의 한계생산성이 시간이 지나면서 어떻게 달라지는지를 파악한다. 마지막 3 단계에서는 연구투자가 기술지수에 축적되어 장단기적으로 생산성에 미치는 영향을 파악한다. 이와 같은 3단계의 분석절차는 적절한 선형 또는 비선형계획모형을 구축한 뒤 그해를 구함으로써 이루어진다. 이와 같이 권오상 연구에서 비모수적 방법으로 쌀 기술 개발투자의 수익률을 구한 결과는 내부수익률이 29.1%이고 시차는 17년인 것으로 계측되었다.

이 연구에서는 보수적인 방법으로 쌀 기술 개발투자의 수익률을 구하고자 한다. 즉 이 연구에서는 Alston et al(1998)에서 사용한 방법을 적용하여 쌀 기술 개발투자의 수익률을 구하고자한다.⁴ 기술 개발투자수익률을 구하는 방법은 이미 앞에서 시행한 바와 같이 쌀산업의 생산성지수를 기술 개발지표에 관하여 회귀분석을 한 후, 추정된 파라미터를 이용하여 과거 실제로 투자된 금액과 가상의 투자액과 연계된 생산성 흐름을 시뮬레이션하고, 생산액 변화(효과)와 기술 개발비용 변화(비용)간의 차이를 이용하여 내부수익률을 산출하는 것이다.

특정 연도의 기술 개발수익은 기술 개발에 의한 특정 연도의 총요소생산성 차이(실제 총요소생산성과 기술 개발이 이루어지지 않았을 경우의 요소생산성의 차이)에 특정 연도의 실제 생산액을 곱한 것과 같다. 이때 수익과 비용을 명목가치로 표시한다면 기술 개발투자의 내부수익률은 명목이자율과 비교할 수 있다. 물론 여기서는 민간 부문의 기술 개발과 그 파급 효과는 제외하였다.

쌀 기술 개발투자의 내부수익률을 구하기 위한 편익부분은 쌀 기술 개발투자로 인하여 증가된 생산성으로 얻어지는 추가적인 쌀 생산액이 되며, 비용부분은 쌀 기술 개발투자에 들어간 금액이 된다.

이와 같은 방식으로 도출한 쌀 기술 개발투자의 내부 수익률은 31.5%이었다. 그동안 여러 학자들이 우리나라 쌀 연구투자의 내부수익률을 구한 바 있다. 이들 연구 결과에 의하면, 쌀 연구투자의 내부수익률은 권오상 연구를 제외하고 모두 52%에서 82%까지이었다. 이 연구에서 계측한 투자내부수익률은 비모수적 방법으로 계측한 권오상 연구 결과보다는 높은 수준이지만 보수적 방법으로 계측한 다른 연구 결과보다는 낮은 수준이다. 최근에 들어 쌀 기술 개발투자로 인한 생산성 증가로 나타난 쌀 기술 개발투자의 편익은 쌀 기술 개발비용에 비하여 훨씬 높아진 것으로 나타나 쌀 기술 개발투자의 수익성이 높다는 것을 잘 보여 주고 있다.

⁴ 농촌진흥청(2000), 『농업생산기술평가의 시스템 구축에 관한 연구』, pp. 274-277에서 논의된 것과 같은 방법을 활용함.

표 3-6. 쌀 연구투자의 내부수익률

연구자	분석기간	내부수익률(%)
박정근(1986)	1970-1984	57.5-79.5
서동균(1987)	1963-1985	60-82
이승남(1982)	1971-1980	52-53
서동균(1992)	1971-1989	80-82
사공용(1998)	1981-1993	45.98
권오상(2003)	1980-1998	29.1

자료: 농촌진흥청(2000). 『농업생산기술평가의 시스템 구축에 관한 연구』, p.148-149에서 인용.

제 4 장

요약 및 결론

많은 선행 연구들은 농업기술개발이 농업생산성의 향상과 농업성장의 원천임을 밝히고 있지만, 개도국을 비롯하여 많은 국가들은 필요한 만큼의 농업기술개발투자를 이루지 못하고 있다. 우리나라의 경우도 농업기술개발투자 회의론 등이 제기되면서 농업기술개발의 투자가 줄어드는 경향을 보였다. 그리하여 1995년에 국가 전체 연구비 중 농업연구비의 비중이 3.4%이었으나, 2000년에는 2.5%로 줄어드는 결과가 나타났다.

이처럼 ‘농업기술개발투자 회의론’이 제기되는 이유는 근본적으로 농업투자 수익률이 낮기 때문이지만, 또 다른 이유는 농업기술개발투자와 관련하여 개발된 여러 연구 방법이나 연구 결과가 충분한 신뢰성을 확보하지 못했기 때문이기도 하다.

따라서 이 연구에서는 그동안 활용되었던 여러 농업기술개발투자의 성과 분석방법을 검토해 보고, 농업기술개발투자의 성과 분석을 위하여 적합한 연구 방법론을 개발하며, 이 연구 방법을 실제 농업에 적용하여 농업기술개발투자의 성과를 계측해 본다. 그리고 정책적 차원에서 농업기술개발투자의 성과 분석은 농업기술개발투자의 향후 방향을 설정함에 있어서나 분야별 우선순위를 결정함에 있어 중요한 의의를 지닌다.

이 연구에서는 농업기술개발투자의 성과 분석의 대상으로 쌀산업을 선정하고, 쌀산업의 생산성변화 요인을 분석하고, 동시에 그동안 쌀 농업기술개

발투자가 쌀산업의 농업생산성 변화에 얼마나 기여하였는지를 분석하기 위하여 DEA 분석방법과 맘퀴스트 생산성지수 계측방법을 적용한다. 그리하여 이 연구의 목적은 비모수적 맘퀴스트 생산성지수 계측을 통하여 쌀산업의 생산성 변화를 계측하고, 쌀산업의 생산성 변화 요인을 규명하며, 쌀 기술 개발투자가 쌀 생산성에 미치는 효과를 계측함으로써 쌀 기술 개발투자의 성과를 분석하는 데 있다.

생산성 변화를 계측하는 연구 방법은 크게 모수적 방법과 비모수적 방법(지수접근법)의 두 가지로 구분된다. 이들 두 방법들은 제각기 장단점을 갖고 있는데 이 연구에서는 생산 농가가 완전 기술효율적이다(생산프런티어상에서 생산)라고 가정하는 것이 아니라 생산 농가가 ‘기술적으로 완전 효율적이지 않다’를 가정하는 비모수적 방법을 활용한다.

이 연구에서 적용하고 있는 DEA 방법은 비모수적으로 생산기술을 모형화하는 대표적 방법이다. DEA 방법을 적용하기 위해서는 생산 프런티어를 도출해야 한다. 그리고 이런 생산 프런티어를 도출하기 위해서는 실제 산출물과 투입물 자료를 이용하여 모든 표본이 포함되도록 하는 포락집합을 선형근사(線型 近似) 해야 한다. 그리고 거리함수는 투입물 거리함수와 산출물 거리함수로 나눌 수 있다.

이 연구에서는 생산성 변화를 계측하는 방법으로 맘퀴스트 생산성지수를 사용하였다. 이렇게 맘퀴스트 생산성지수를 사용한 이유는 거리함수를 계측하면, 맘퀴스트 생산성지수를 쉽게 계측할 수 있으며, 현실에 부합되는 여러 장점들을 갖고 있기 때문이다. 맘퀴스트 생산성지수가 갖고 있는 장점은 첫째 보다 현실적인 가정인 농가생산의 비효율성을 가정하고 있으며, 둘째 이용 가능한 통계자료를 패널자료로 구성할 수 있다면 가격자료가 없이도 생산성지수를 구할 수 있는 장점을 지니고 있다. 셋째, 맘퀴스트 생산성지수는 생산성 변화 요인을 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화로, 또한 기술효율성을 배분효율성과 규모효율성으로 분해하여 분석할 수 있는 장점을 지니고 있다. 넷째, DEA의 비모수적 특성을 활용할 수 있기 때문에 투입물과 산출물이 여러 가지일 경우에도 적용·분석이 용이하다. 다섯째, 농가의 특성별(규모

별, 지대별) 또는 시기별로 생산성 지수를 계측할 수 있고 이를 요인별로 구분할 수 있다 등이다.

이 연구에서 쌀산업의 생산성을 계측하기 위하여 이용한 통계자료는 농림부의 쌀 생산비 조사 자료(2003)이다. 분석기간은 1998년부터 2002년까지 5개년이었다. 이처럼 분석기간이 단기간인 5개년으로 설정된 이유는 표본농가의 일관성을 유지하기 위해서이다.

산출자료로 쌀이란 단일 산출물을 사용하였으며 부산물은 제외하였다. 그리고 산출량은 조곡생산량(kg)을 기준으로 하였다. 투입요소로는 토지비용, 노동비용, 자본비용, 농구비, 비료비, 농약비, 기타 비용 등 7개 비용항목을 선정하였으며 분석을 보다 용이하게 하기 위하여 비용을 투입물로 간주하고, 투입자료로 이들 비용항목의 실질지출액을 적용하였다.

불변규모(CRS)를 가정한 후에 DEA 분석방법을 이용하여 쌀 생산 농가들의 거리함수를 계측한 결과, 표본 기간인 1998년부터 2002년까지의 5년간 우리나라 쌀산업의 기술효율성 평균이 0.999로 계측되었다. 또한, 규모별로 기술효율성 값을 비교해 보면 가장 높은 값을 타나낸 규모는 2.0ha~2.5ha 미만으로 1.004이었다.

거리함수를 이용하여 쌀산업의 맘퀴스트 생산성지수를 도출한 결과, 1998년부터 2002년 5년간 쌀산업의 총요소생산성은 연평균 4.4% 증가한 것으로 추정되었다. 이를 규모별로 볼 때, 쌀산업의 총요소생산성 연평균 성장률이 가장 높은 규모는 5ha 이상의 규모로 연평균 19.1%의 성장률을 보였다. 그다음으로 높은 성장률을 보인 규모는 1.5~2.0ha 미만의 규모로 연평균 15.6%씩 성장한 것으로 나타났다. 1.0~1.5ha 미만의 규모는 13.6%의 성장률을 보였다. 그러나 이들과 달리 연평균성장률이 감소한 것들도 있는데 0.5~1.0ha 미만의 규모는 5.7%, 0.5ha 미만의 규모는 1.5%씩 감소한 것으로 나타났다. 그리고 전국평균 쌀 농가들은 총요소생산성이 11.6%씩 감소한 것으로 나타났다. 그리고 쌀산업의 생산성이 가장 높게 향상된 기간은 2000년에서 2001년간으로 이 동안 생산성이 15.8%나 증가하였다.

표본 기간 기술수준의 연평균 변화율은 4.3%로 나타났다. 기술진보가 가장

높은 규모는 5.0ha 이상으로 연평균 19.1% 기술수준의 향상을 보여 주었으며, 1.0ha 미만은 기술수준의 변화가 하락하는 현상을 보였다. 연도별로 볼 때는 2000년에서 2001년간 5.0ha 이상 규모의 기술혁신이 매우 높았으며, 이 기간의 기술혁신으로 인하여 전체 기간에 있어 기술진보가 높게 나타나는 결과를 가져왔다.

또한, 표본 기간 기술효율성의 연평균 변화율은 0.1%로 매우 안정적인 상태를 보였다. 규모별로 볼 때, 기술 효율성이 개선된 규모는 1.5ha~2.0ha 미만, 2.5ha 이상의 규모이었으며 기술 효율성이 떨어진 규모는 2.0ha~2.5ha이었다. 표본 기간에 쌀산업의 생산성 연평균 성장률 4.4%에 기술효율성의 변화와 기술수준의 변화가 기여한 것을 살펴보면, 기술 효율성이 0.1%, 기술수준의 변화가 4.3% 기여한 것으로 나타났다. 이는 쌀산업의 총요소생산성 향상에 기술효율성의 개선보다는 기술진보가 훨씬 큰 기여를 하였다는 것을 보여 주는 결과이다. 이 결과에 따르면 쌀 생산성을 위해서는 농가 단위의 효율을 높이는 기술보급보다는 기술혁신 자체에 보다 정책적인 투자와 배려가 우선되어야 함을 보여 준다. 한편, 5 ha 이상의 규모에서 기술진보가 가장 높은 것으로 나타나 규모의 경제성이 기술진보에 의하여 이루어지고 있음을 보여 주고 있다.

기술효율성의 변화는 순수효율성의 변화와 규모효율성의 변화로 분해할 수 있는데, 표본 기간 순수효율성의 변화율은 변화하지 않은 것으로 나타났으며, 규모별 차이는 거의 없고, 2.0ha~2.5ha 규모에서 순수 효율성이 0.2% 하락한 것으로 나타났다. 그리고 표본 기간 규모효율성의 연평균 변화율은 0.1%로 계측되었으며 1.5ha에서 5.0ha 규모에서 연평균 규모효율성 변화율이 증가한 것으로 나타났다.

연도별 쌀 기술 개발투자비를 살펴보면 쌀 기술 개발투자비는 절대 규모 면에서 1999년과 2000년을 제외하고 지속적으로 증가하여 왔다. 즉 농업 생산구조가 미백 중심에서 과일, 채소, 특작의 비중이 높아지면서 연구항목의 비중도 쌀 비중이 점차 감소하고 있음을 보였지만, 전체 농업연구비액이 크게 증가하면서 쌀 기술 개발투자비의 절대액도 증가하는 것으로 나타났다.

쌀 생산성과 쌀 기술 개발투자와의 관계를 알아보기 위하여 쌀의 기술 개발스톡액과 쌀 생산성간에 회귀분석을 시행하였다. 이들 관계식은 이차함수 형태가 보다 설명력이 높은 것으로 나타났다. 이렇게 이차함수가 보다 설명력이 높은 것은 쌀 기술 개발스톡가 증가할수록 쌀 생산성에 미치는 한계 영향이 점차 감소한다는 사실과 부합하는 것이다.

최종적으로 모수적인 방법으로 쌀 기술 개발투자의 수익률을 구한 결과 쌀 기술 개발투자의 내부 수익률이 31.5%로 나타났다. 과거 선행 연구들에 의한 우리나라 쌀 연구투자의 내부수익률은 권오상 연구를 제외하고 모두 52%에서 82%까지이었다. 이 연구에서 도출한 투자내부수익률은 비모수적 방법으로 계측한 권오상 연구 결과보다는 다소 높지만, 모수적 방법으로 계측한 다른 연구 결과보다는 낮았다.

부 록

연도	기술개발스톡	기술개발스톡(^2)	생산성지수 변화
1980	7.76	60.2	79.52
1981	9.95	99.0	80.47
1982	12.57	158.1	81.43
1983	16.46	270.8	82.38
1984	18.27	333.6	83.34
1985	19.35	374.2	84.30
1986	24.34	592.5	85.25
1987	25.03	626.6	86.21
1988	28.95	838.1	87.16
1989	31.73	1006.6	88.12
1990	36.00	1296.0	89.07
1991	39.04	1523.8	90.03
1992	41.61	1731.1	90.98
1993	45.63	2082.2	91.94
1994	46.45	2157.4	90.55
1995	52.14	2718.4	97.72
1996	58.38	3407.8	92.33
1997	76.97	5923.9	97.04
1998	80.44	6470.1	96.70
1999	90.10	8118.6	93.28
2000	100.00	10000.0	100.00
2001	107.42	11538.3	109.56
2002	114.66	13147.9	93.09

ABSTRACT**The Performance of Agricultural R&D in the Rice Industry**

Many previous studies show that agricultural R&D is the most important source for improving agricultural productivity and agricultural growth. However, many countries have made proper investment for their agricultural R&D because of low rate of return on agricultural R&D. In Korea, for example, the ratio of the expenditure for agricultural R&D to that of national R&D has decreased from 3.4% in 1995 to 2.5% in 2000.

The objective of this study is to estimate the change in agricultural productivity of Korea's rice industry by using the non-parametric Malmquist productivity index, to find out specific reasons of affecting the agricultural productivity in the rice industry, and to analyze the performance of agricultural R&D in the rice industry.

The DEA method and non-parametric Malmquist productivity method were applied to estimate the change in the agricultural productivity in the rice industry. The Malmquist productivity index has some advantages in estimating the change in the agricultural productivity such as the derivation of the agricultural productivity without price data, the assumption of inefficiency of rice producers, the transformation of the agricultural productivity change into technical efficiency and technical innovation, and the easy application of multi-inputs and multi-outputs.

The data on rice production cost published by the MAF were used. The sample period is 5 years from 1998 to 2002.

The technical efficiency of the rice industry during the sample period is estimated at 0.999 which shows highly efficient production. The annual growth rate of agricultural productivity in the rice industry during the sample period was 4.4% which is divided into 4.3% of the change in the technical progress and 0.1% of the change in technical efficiency.

The close relationship between the agricultural productivity in the rice industry and the expenditure for rice R&D was investigated by the regression analysis. The internal rate of return on rice R&D was estimated at 31.5%.

Researchers: Kim Yong-Taek

E-mail Address: yongkim@krei.re.kr

참 고 문 헌

- 강봉순, 노재선. 1995. “레이동조확률 생산함수에 의한 경영규모별 미곡생산의 효율성 분석.” 『농촌계획』 1(1): 99-110.
- 권오상. 1997. “한국미작농가의 생산기술 분석: 비모수적 방법을 이용한 효율성 분석을 중심으로.” 『경제학연구』 45(4): 251-270.
- 권오상. 1998. “한국 화력발전소의 생산성변화 분석: 기술변화와 효율성 변화의 분리.” 한국자원경제학회 발표 논문.
- 김광석, 홍성덕. 1992. 『제조업의 총요소생산성 동향과 그 결정요인』. 한국개발연구원.
- 김은순. 1986. “이윤함수 접근법에 의한 농업연구 보급사업의 효과분석.” 『농촌경제』 9(3). 한국농촌경제연구원.
- 김정호, 위용석. 1997. “쌀농업의 효율성과 관련요인 분석.” 『농촌경제』 20(1): 19-28. 한국농촌경제연구원.
- 농림기술관리센터. 2002. “농림 부문의 R&D 투자방향과 효율적 관리방안 심포지엄.”
- 농림부. 2003. 『농산물 생산비통계』. 각 연도.
- 박정근. 2000. 『농업생산기술평가의 시스템 구축에 관한 연구』. 농촌진흥청.
- 서동균. 1987. “미국생산에 대한 연구 지도사업효과의 시차분석.” 전북대학교 석사학위논문.
- 서동균. 1992. “농업연구 및 지도사업의 투자에 관한 효과분석.” 전북대학교 박사학위논문.
- 안동환. 1998. “한국 쌀산업의 농가 단위 생산성 변화 분석: 효율성 변화와 기술 변화의 분리.” 서울대학교 대학원 박사논문.
- 이정환, 권태진, 김은순. 1987. 『농업 부문의 투융자 동향과 효과』. 한국농촌경제연구원.
- 장진규, 김기국. 1993. “연구개발투자의 직간접 생산성 증대효과 분석.” 『과학기술정책』 5(1): 117-129. 과학기술정책관리연구소.
- 장진규, 안두현. 1992. “국내 제조업의 연구개발투자와 생산성.” 『과학기술정책』 4(2): 34-43. 과학기술정책관리연구소.

- 장진규. 1992a. “국내 제조업 연구개발투자의 파급(spillover)효과 분석.” 기술경영경제학회 정기학술대회 발표논문.
- 장진규. 1992b. 『기술개발투자 및 상업화 촉진제도의 효과 분석모형 개발에 관한 탐색적 연구』. 한국과학기술연구원 정책기획본부.
- 정성철, 장진규. 1993. “기술개발투자의 경제효과 분석.” 『정책연구』 93-04. 한국과학기술연구원 정책기획본부.
- 한광호. 2000. “한국 제조업의 생산성 결정요인: 비모수적 맨퀴스트 생산성지수에 의한 분석.” 『경제학연구』 제49(4): 37-60.
- Aigner, D.J., T. Amemiya, and D.J. Poirier. 1976. “On the Estimation of Production Frontiers: Maximum Likelihood Estimation of The Parameters of a Discontinuous Density Function.” *International Economic Review* 17: 377-396.
- Aigner, D.J. and S.F. Chu. 1968. “On Estimating the Industry Production Function.” *The American Economic Review* 58: 826-839.
- Aigner, D.J., C.A.K. Lovell, and P. Schmidt. 1977. “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models.” *Journal of econometrics* 6: 21-37.
- Antle. J.M. and S.K. Park. 1986. “The Economics of IPM in Processing Tomatoes.” *California Agriculture*.
- Antle. S.M. and J.M. Antle. 1984. *Agricultural Productivity: Measurement and Explanation*. Resources for the Future.
- Banker, R.D. 1993. “Maximum Likelihood, Consistency and DEA: Statistical Foundations.” *Management Science* 39: 1261-1264.
- Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper. 1984. “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis.” *Management Science* 30: 1087-1092.
- Banker, R.D., S.M. Dartar, and C. F. Kemerer. 1991. “A Model to Evaluate Variables Impacting the Productivity of Software Maintenance Projects.” *Management Science* 37: 1-18.
- Bauer, P.W. 1990a. “Decomposing TFP Growth in the Presence of Cost Inefficiency, Nonconstant Returns to Scale, and Technological Progress.” *Journal of Productivity Analysis* 1: 287-301.

- Bauer, P.W. 1990b. "Recent Development in the Econometric Estimation of Frontiers." *Journal of Econometrics* 46: 39-56.
- Bauer, P.W., A.N. Berger, and D.B. Humphrey. 1993. "Efficiency and Productivity Growth in U.S. Banking." in H.O. Fried, C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency*: pp. 386-413. Oxford University Press: New York.
- Berg, S.A., F.R. Førsund, and E.S. Jansen. 1992. "Malmquist Indices of Productivity Growth During the Delegation of Norwegian Banking." *Scandinavian Journal of Economics* 94(Supplement): 5221-5228.
- Berger, A.N. and D.B. Humphrey. 1991. "The Dominance of Inefficiencies over Scale and Product Mix Economies in Banking." *Journal of Monetary Economics* 28: 117-148.
- Bernstein, J.I. 1989. "The Structure of Canadian Inter-industry R&D Spillover 1870." *American Economic Review* 46(2): 5-24.
- Bonnen, J.T. 1983. "Historical Sources of U.S. Agricultural Productivity: Implications for R&D Policy and Social Science." *American Journal of Agricultural Economics* 65: 958-966.
- Caves, D.W., L. R. Christensen, and M.W. Tretheway. 1981. "U.S. Trunk Air Carriers, 1972-1977: A Multilateral Comparison of Total Factor Productivity." in T.G. Cowing and R.E. Stevenson (eds.). *Productivity Measurement in Regulated Industries*: pp. 47-76. Academic Press: New York.
- Caves, D.W., L.R. Christensen, and W.E. Diewert. 1982a. "The Economic Theory of Index Number and the Measurement of Input, Output, and Productivity." *Econometrica* 50: 1393-1414.
- Caves, D.W., L.R., Christensen, and W.E. Diewert. 1982b. "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superative Index Numbers." *The Economic Journal* 92: 73-86.
- Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units." *European Journal of Operational Research* 2: 429-444.
- Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes. 1981. "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow

- Through." *Management Science* 27: 668-697.
- Chavas, J.P. and T.L. Cox. 1988. "A Nonparametric Analysis of Agricultural Technology." *American Journal of Agricultural Economics* 70: 303-310.
- Chavas, J.P. 1990. "A Non-parametric Analysis of Productivity: The Case of U.S. and Japanese Manufacturing." *The American Economic Review* 80: 450-464.
- Chavas, J.P. 1992. "A Nonparametric Analysis of the Influence of Agricultural Research on Agricultural Productivity." *American Journal of Agricultural Economics* 74: 583-591.
- Coelli, T., D.S. Rao. and G.E. Battese. 1999. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Cuneo, P. and J. Mairesse. 1984. "Productivity and R&D at the Firm level in French Manufacturing." in Z. Griliches (ed.). 1984. pp. 375-392.
- Diewert, W.E. 1976. "Exact and Superlative Index Numbers." *Journal of Econometrics* 4: 115-145.
- Diewert, W.E. 1978. "Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation." *Econometrica* 46: 883-900.
- Diewert, W.E. 1980. "Recent Development in the Economic Theory of Index Numbers-Capital and the Theory of Productivity Measurement." *The American Economic Review* 70: 260-267.
- Diewert, W.E. 1981. "The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries." in T. G. Cowing and R. E. Stevenson (eds.). *Productivity Measurement in Regulated Industries*: pp. 17-44. Academic Press: New York.
- Evenson, R.E. 1976. "The Contribution of Agricultural Research and Extension to Agricultural Growth." in W. A. Fuller, W. A. Introduction to Statistical Time Series." Wiley: New York.
- Färe, R. and C.A.K. Lovell. 1978. "Measuring the Technical Efficiency of Production." *Journal of Economic Theory* 19: 150-162.
- Färe, R. 1988. *Fundamentals of Production Theory*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Färe, R., S. Grosskopf, C.A.K. Lovell. 1985. *The Measurement of Efficiency of Production*. Kluwer-Nijhoff: Boston.
- _____. 1994. *Production frontiers, Cambridge*. Cambridge University Press.

- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang. 1994. "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries." *The American Economic Review* 84: 66-83
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris. 1997. "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Reply." *The American Economic Review* 87: 1040-1043.
- Farrell, M.J. 1957. "The Measurement of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, General*. 120(3): 253-290.
- Fellner, W. (ed.). 1981. *Essays in Contemporary Economic Problem*. American Enterprise Institute: Washington D.C.
- Førsund, F.R. 1993. "Productivity Growth in Norwegian Ferries." in H. O. Fried, C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency*: 352-373. Oxford University Press: New York.
- Goto, A. and K. Suzuki. 1989. "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing." *Review of Economics and Statistics* 71(4): 555-564.
- Griliches, Z. 1964. "Research and the Aggregate Agricultural Production Function." *American Economic Review*.
- Griliches, Z. (ed.). 1984. *Research and Development, Patents and Productivity*. Chicago University Press: Chicago.
- Grosskopf, S. 1993. "Efficiency and Productivity." in H.O. Fried, C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency-Techniques and Application*: pp. 160-194. Oxford University Press: New York.
- Hulten. 1979. "On the Importance of Productivity Change." *The American Economic Review* 69: 126-136.
- Institute for Horticultural Development. August 1996. proceedings for the "Economic Evaluation of Research and Extension Activities in Agriculture." A Pre-conference Workshop for the Global Agricultural Science Policy for the 21st Century Conference. Australia.
- Kumbhakar, S.C. and L. Hjalmarsson. 1993. "Technical Efficiency and Technical Progress in Swedish Dairy Farms." in H.O. Fried, C.A.K. Lovell, and S.S.

- Schmidt (eds.). *The Measurement of Productive Efficiency*: pp. 256-270. Oxford University Press: New York.
- Kumbhakar, S.C. 1988. "On the Estimation of Technical and Allocative Inefficiency using Stochastic Frontier Functions: The Case of U.S. Class 1 Railroads." *International Economic Review* 29: 727-744.
- Kumbhakar, S.C. 1990. "Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency." *Journal of Econometrics* 46: 201-211.
- Linder, R.K. and F.G. Jarret. 1978. "Supply Shifts and the Size of Research Benefits." *American Journal of Agricultural Economics*.
- Maslow, A.H. 1968. *Toward a Psychology of Being*. Princeton.
- Meeusen, W. and J. van den Broeck. 1977. "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error." *International Economic Review* 18: 435-444.
- Nadiri, I.M. 1970. "Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey." *Journal of Economic Literature* 8: 1137-1178.
- Nishimizu, M., and J.M. Page. 1982. "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965-78." *The Economic Journal* 92: 920-936.
- Norton G.W. and J.S. Davis. 1980. "Review of Methods Used to Evaluate Returns to Agricultural Research." *Evaluation of Agricultural Research*. Minnesota Agricultural Experiment Station, University of Minnesota.
- Norton, G.W. and J.S. Davis. 1981. "Evaluating Returns to Agricultural Research: A Review." *American Journal of Agricultural Economics*.
- Porter, A.L. et al. 1980. *A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis*. New York.
- Solow, R.M. 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function." *The Review of Economics and Statistics* 39: 312-320.
- Stoneham, G. et al. January 2000. "Evaluation of Research Activities." A paper presented at the 44th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society. The University of Sydney.
- Tereckyi, N.E. 1980. "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and

Development on the Productivity Growth of Industries.” *New Development in Productivity Measurement and Analysis*. University of Chicago Press.

Varian, H.R. 1984. “The Nonparametric Approach to Production Analysis.” *Econometrica* 52: 579-597.

토의용 논문 W15

농업기술개발투자의 성과분석

쌀산업의 생산성 변화와 기술개발투자

등 록 제6-0007호 (1979. 5. 25)

인 쇄 2003. 12.

발 행 2003. 12.

발행인 이정환

발행처 한국농촌경제연구원

130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102

전화 02-3299-4000 팩시밀리 02-965-6950 <http://www.krei.re.kr>

인쇄처 (주) 문원사 02-739-3911~5

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.