

# 부 산 대 학 교

## 한국농가의 기술효율, 환경효율, 규모효율에 관한 연구

### <요약문>

1990년대 이후 한국 농업은 WTO가입, 각국과 FTA 협정 등 농업의 문호개방으로 농업경쟁력이 심각한 도전을 받고 있다. 이에 대내외적 환경변화에 적응하고 경쟁력있는 농가육성을 위한 정책적 대안마련이 시급한 실정이다. 그 동안 이에 대비한 정책의 일환으로 정부는 농업생산 규모확대를 통한 구조개선에 치중해 왔다. 이러한 구조개선 정책은 자원을 효율적으로 사용하여 규모경제를 달성하고 기술효율의 향상 및 기술혁신을 통하여 생산성을 향상시키고자 함이다.

그러나 1990년대 중반 이후 한국농가의 소득수준은 개선되기 보다 전반적으로 정체되고 있고 계층간 소득격차가 확대되는 추세를 보이고 있다. 그 원인으로 외환위기, 농산물 수입개방에 따른 농산물의 상대적 가격하락 및 수입감소, 농업투자 확대에 비용 및 부채증가, 상층농의 규모확대로 인한 구조조정 등이 그 주된 요인으로 지적되고 있다. 정부 정책들이 생산성 증대를 통한 경쟁력 제고와 함께 농가간 소득격차를 완화시킬 수 있다는 두 가지 목표를 동시에 만족시킬 수 있기 위해서는 생산의 기술발전 뿐만 아니라 기술의 효율성을 향상시킬 수 있는 노력도 함께 병행될 필요가 있다.

농업의 기술효율성을 제고시키기 위해서는 우선적으로 개별 농가의 기술적 특성이나 농가의 규모별, 계층별 생산기술의 상태와 그 변화 추이를 파악해야 할 것이고 현재의 기술수준하에서 어느 정도 효율성향상이 가능한지, 비용은 얼마나 절감할 수 있는 지 등에 관한 분석이 시도되어야 할 것이다.

본 연구의 목적은 한국농가의 생산기술효율성을 기술효율성, 규모효율성, 환경효율성으로 나누어 소득 계층별로 구분해서 계측하고 농가의 계층간 격차확대 또는 농가소득 정체의 원인을 농가계층별로 진단·분석함으로써 경쟁력있는 농가육성을 위한 정책적 시사점을 제시하는데 있다. 본 연구는 비모수적(nonparametric) 방법에 의존하여 재화의 가격이나 최적화 행동에 관한 가정없이 투입요소와 산출량에 의존하여 생산기술효율의 계측을 시도한다. 생산기술은 바람직한 재화와 바람직하지 못한 오염물의 결합생산을 모형화하였다.

건축공학과(경제학과 복수전공)	김 태 수
경 영 학 과	김 태 구
경 영 학 과	이 동 명
경 제 학 과	배 성 민
경 제 학 과	정 성 현
경 제 학 과	송 민 주
사 회 교 육 학 부	황 연 옥

국내에서 농업 생산기술효율을 비모수적 접근법에 의하여 분석한 연구는 쌀 농가 또는 단일의 특정작목을 대상으로 한 연구가 대부분이고 농가 전체를 단위로 생산 기술 효율성을 측정된 연구는 미미하다. 김은순 외(2004)는 한국농가의 경영형태에 초점을 두고 산출물 접근방법에 기초하여 기술효율성을 측정된 바 있다. 본 연구는 투입물 접근방법에 기초하여 한국농가의 소득계층을 대상으로 기술효율, 규모효율, 환경효율을 측정하고, 개별농가의 규모경제의 상태측정을 시도한다는 점에서 선행 연구와 구별된다. 특히 한국농가 전체를 대상으로 개별농가의 규모체증 혹은 체감 상태를 비모수적 방법으로 측정된 연구는 지금까지 시도된 바가 없다.

실증분석에 사용된 통계자료는 1998~2002년의 기간에 걸친 통계청(농림부)의 농가경제조사 가구별 원자료(panel data)를 이용하였다. 실제자료의 대상은 3000여개의 표본농가들 중에서 매년 동일한 농가로서 5년간 계속 조사된 농가 1700여개를 대상농가로 선정하였다. 통계자료의 투입요소는 경지면적, 가변요소투입, 자본, 노동 투입 4가지이다. 바람직한 산출물은 농업총산출을 포함시켰고 바람직하지 못한 산출물인 오염물은 개별 농가당 생물학적 산소요구량(BOD), 질소(N), 인(P) 배출량을 이용하였다.

1998-2002년간 규모불변 및 강처분(strong disposability) 하에서의 생산기술효율은 전 계층을 포함하여 그 평균 기술효율수준은 0.521로 나타났다. 여기서 발생하는 비효율의 원인은 순수기술비효율이 41.3%, 규모비효율은 7.6%, 환경비효율 3%의 순으로 나타났다. 순수기술효율의 향상이 중요할 뿐만 아니라 이와 함께 규모효율이나 환경효율에 대한 개선노력이 병행되어야 할 것임을 시사한다.

연도별 계층별 기술효율수준의 변화추세는 매년 꾸준히 증가하는 추이를 보이고 있다. 이는 농가 계층 간의 생산기술효율이 좁혀지고 있다는 것을 의미한다. 즉, 후발농가의 기술수준이 점차 선발농가의 기술수준을 따라잡고 있는 것이다. 농가소득계층별로는 1998년 이후 상층농일수록 상대적으로 높은 기술효율을 실현하는 것으로 나타났다. 상층농이 영세농에 비하여 기술효율이 높은 것은 경지 조건의 상대적 양호, 높은 기계화 등으로 소농에 비하여 과학영농이 가능하기 때문이다.

규모효율은 중상층농(2, 3계층)에서 비효율이 가장 낮고 영세농(4, 5계층)에서 비효율이 높게 나타났다. 중상층농의 규모화사업은 평균생산비 5%내외 감소효과가 있고 영세농의 규모화사업효과는 평균생산비 10%내외 감소를 가져오는 것으로 나타

났다. 한편 모든 소득계층에서 평균 규모효율 수준은 서서히 증가하고 있다. 최적규모에서 생산하는 농가수가 전체적으로 3 %내외이며, 규모체증상태에서 생산농가는 전체 농가의 70%를 점유하고 따라서 이들 농가는 생산규모를 확대하는 것이 합리적이다. 반면에 규모체감상태에서 생산농가는 전체 농가의 27%에 이르며 이들 농가는 생산규모를 축소하는 것이 필요하다.

소득계층별 규모확대 또는 축소농가 비율은 상층농일수록 규모체감상태에서 생산하는 농가의 비율이 높다. 즉 상층농일수록 규모축소를 필요로 하는 농가 비율이 높다. 이러한 현상은 생산규모가 큰데 반하여 젊은 노동력이 부족한데서 기인하는 것으로 추론된다. 상층농의 경우 규모확대 필요농가 비율이 점차 감소하는 반면에 최적규모 생산농가 비율은 미미하게 증가하여서 점차 규모축소가 필요한 농가가 증가하는 상태다.

결과적으로 한국농가의 생산의 기술효율은 순수기술효율과 규모효율 면에서 경지 규모별로 큰 격차를 보여주고 있다. 앞으로 기술진보와 더불어 기술효율, 규모효율, 환경효율 등 농업의 효율성을 개선시킴으로써 농업생산성을 향상시킬 수 있는 여지가 상당히 존재한다는 것을 반증하는 것이다. 농업의 소득격차의 축소를 위해서는 신기술의 도입과 혁신을 통한 구조개선도 필요하지만 농업내부에 존재하는 비효율을 개선하는 노력도 이와 동등하게 비중을 두고 추진되어야 할 것이다. 기술발전은 농업의 성장을 가속시키지만 농가계층간 격차는 이와 더불어 기존 기술의 확대이용과 효율적 활용보급을 통하여 축소가 가능하기 때문이다.

기술효율성 개선을 위하여 농업의 기계화 보급확대, 신 기술활용, 농업상품에 관한 교육, 종자개발을 위한 연구결과의 이용증대, 정보 인프라의 확충 등 효율향상을 위한 다각적인 노력이 필요하다. 환경적 관점에서도 개방화를 앞둔 시점에서 농산물에 대한 국제적 환경압력에 대비하여 경쟁력 제고를 위한 노력들이 단계적으로 추진되어야 할 것이다.

1990년대 이후 한국 농업은 WTO가입, 각국과 FTA 협정 등 농업의 문호개방으로 농업경쟁력이 심각한 도전을 받고 있다. 이에 대내외적 환경변화에 적응하고 경쟁력 있는 농가육성을 위한 정책적 대안마련이 시급한 실정이다. 그 동안 이에 대비한 정책의 일환으로 정부는 농업생산 규모 확대를 통한 구조개선에 치중해 왔다. 이러한 구조개선 정책은 자원을 효율적으로 사용하여 규모경제를 달성하고 기술효율 및 기술혁신의 개선을 통하여 생산성을 향상시키고자 함이다.

그러나 1990년대 중반 이후 한국농가의 소득수준은 개선되기보다 전반적으로 정체되고 있고 계층 간 소득격차가 확대되는 추세를 보이고 있다. 그 원인으로 외환위기, 농산물 수입개방에 따른 농산물의 상대적 가격하락 및 수입 감소, 농업투자 확대에 비용 및 부채증가, 상층농의 규모확대로 인한 구조조정 등이 그 주된 요인으로 지적되고 있다. 정부 정책들이 경쟁력 제고와 함께 농가 간 소득격차를 완화시킬 수 있다는 두 가지 목표를 동시에 만족시킬 수 있기 위해서는 생산의 기술발전 뿐만 아니라 기술의 효율성을 향상시킬 수 있는 노력도 함께 병행될 필요가 있다. 농업의 기술효율성을 제고시키기 위해서는 우선적으로 개별 농가의 기술적 특성이나 농가의 규모별, 계층별 생산기술의 상태와 그 변화 추이를 파악해야 할 것이고 현재의 기술수준 하에서 어느 정도 효율성향상이 가능한지, 비용은 얼마나 절감할 수 있는 지 등에 관한 분석이 시도되어야 할 것이다.

본 연구의 목적은 한국농가의 생산기술효율성을 기술효율성, 규모효율성, 환경효율성으로 나누어 소득 계층별로 구분해서 계측하고 농가의 계층 간 격차확대 또는 농가소득 정체에 대한 원인을 농가계층별로 진단·분석함으로써 경쟁력 있는 농가육성을 위한 정책적 시사점을 제시하는데 있다. 본 연구는 비모수적(nonparametric) 방법에 의존하여 재화의 가격이나 최적화 행동에 관한 가정없이 투입요소와 산출량에 의존하여 생산기술효율의 계측을 시도한다.<sup>1)</sup> 비모수적(nonparametric) 접근방법에 의한 생산효율 측정은 Farrell(1957)이 최초로 제시한 이래 Shephard(1970), Afriat(1972), Caves et al.(1982), Banker et al.(1984) 에 의해 발전되어 왔다. 특히 Shephard(1970)의 생산가능곡선을 이용한 효율의 측정방법을 선두로 하여, Färe et al.(1985)과 Färe et al.(1994)는 보다 개선된 효율과 생산성 측정방법을 제시하고 있다.

1) 기술효율과 생산성 등 생산의 성과측정은 DEA(data envelopment analysis)로 알려진 비모수적(nonparametric) 접근방법을 통하여 측정할 수 있다. DEA는 실제 관측된 자료 중 최대성과를 달성한 생산단위에 대하여 임의의 생산단위의 성과를 비교함으로써 각 생산단위의 효율을 측정하는 방법의 하나이다. 이러한 비모수적인 접근방법은 성과측정을 필요로 하는 다양한 학문 분야에 널리 활용될 수 있는 기법이다.

비모수적 접근법에 의한 생산의 기술효율 측정은 다른 한편으로 환경요소를 고려한 생산의 기술효율과 생산물의 기회비용의 측정으로 발전되었다. DEA(data envelopment analysis) 분석을 환경성과 측정에 적용한 바 있는 Färe et al. (1986)은 산출물과 오염물의 동시적 변화를 고려할 수 있는 방사선상 효율척도(radial efficiency measure)를 사용한 바 있다. 이러한 유형의 연구들로서 Färe et al.(1989), Färe et al.(1996), Tyteca(1997), Chung et al.(1997), Boyd and McClelland(1999), Zaim and Taskin(2000), Sancho et al.(2000), Zofio and Prieto(2001), Boyd et al.(2002), Lansink and Silva(2003), Weber and Domazlicky (2001), Domazlicky and Weber(2004), 강상목 (2003), 강상목·김은순(2002), 김은순 외(2004) 등을 들 수 있다. 이들 선행 연구들은 투입물 혹은 산출물 접근방법과 기술효율의 척도를 적절하게 결합하여 오염배출량을 고려한 기술효율 혹은 기술비효율로 인한 생산물과 생산성 상실 혹은 생산성 성장 등을 계측하고 있다.

한국의 농가 단위 생산기술을 분석한 연구는 크게 두 가지 흐름으로 분류할 수 있다. 첫째, 권태진(1985), 전찬익(1994), 정홍우(1993), 홍승지(1994), 이광석(1982; 1986), 이광석·김정부(1981) 등은 사전적으로 가정한 생산함수나 비용함수를 이용하여 평균적인 생산기술 분석을 한 바 있다. 이들은 생산의 기술비효율성의 존재를 제외하고 기술발전만을 대상으로 한다. 둘째, 강봉순·노재선(1995), 권오상(1997), 김정호·위용석(1997), 김한호(1986) 등은 생산 농가 간에는 어떤 이유에 의해서든 효율성 격차가 있을 수 있다고 가정하는 프런티어 접근방법을 통해 생산기술 분석을 행하였다.(안동환, 1998) 또한 권오상(1997; 1999), 안동환 외(1999), 김영식(1999)은 국내농업에서 비모수적 접근법에 의하여 쌀 농가를 중심으로 생산성 및 기술효율을 분석한 바 있고 이순석 외(2001)은 사과 농가를 대상으로 기술효율성을 분석하였다.

그런데 국내에서 농업 생산기술효율을 비모수적 접근법에 의하여 분석한 연구는 쌀 농가 또는 단일의 특정작목을 대상으로 한 연구가 대부분이고 농가 전체를 단위로 생산기술 효율성을 측정하는 연구는 미미하다. 김은순 외(2004)는 한국농가의 경영형태에 초점을 두고 기술효율성 분석에 환경규제를 고려하여 환경효율을 측정하는 바 있다.<sup>2)</sup> 본 연구는 투입물 접근방법에 기초하여 한국농가의 소득계층을 대상으로 기술효율, 규모효율, 환경효율을 측정하고, 개별농가의 규모경제의 상태측정을 시도한다는 점에서 선행연구와 구별된다. 특히 한국농가 전체를 대상으로 개별농가의 규모계층 혹은 체감상태를 비모수적 방법으로 측정하는 연구는 지금까지 시도된 바가 없다.

본 연구에서는 한국의 소득계층별 농가를 대상으로 환경이 포함된 생산기술의 효율을 비모수적 방법을 적용하여 실증적으로 분석할 것이다. 효율의 측정은 투입물 접근방법을 이용한 선행계획법에 의존할 것이다. 생산기술은 바람직한 재화와 바람직하지 못한 재화인 오염물의 결합생산을 모형화 할 것이고 이를 통하여 환경규제

2) 이들은 효율측정을 위한 투입물접근과 산출물 접근 방법중 산출물 접근방법을 사용하였다.

를 고려한 환경효율을 측정할 것이다. 또한 환경규제가 없는 상황에서 규모수익불변(constant return to scale : CRS)과 규모수익 가변(variable return to scale : VRS) 하에서 투입거리함수의 상대적 효율을 이용하여 순수기술효율과 규모효율성을 측정할 것이다. 특히 규모효율성의 수준과 상이한 규모경제의 효율차이를 이용하여 소득계층별 농가의 규모경제 상태를 판별하게 될 것이다. 즉, 농가 계층별로 생산기술 효율성의 차이와 변화 정도, 현재의 기술수준으로 규모의 확대여부와 그 크기, 이에 따른 경쟁력 향상 정도, 그리고 농업오염배출감소에 따르는 기회비용 등을 살펴볼 것이다.

이하 제2절에서는 생산의 효율성을 측정하기 위한 이론모형을 제시한다. 그리고 제3절에서는 실증분석에 사용될 통계자료의 출처 및 처리방법, 그리고 결과를 분석하고 제4절에서는 도출된 실증결과를 바탕으로 한국농가의 경쟁력을 제고시킬 수 있는 방안에 관한 정책적 시사점과 결론을 맺게 될 것이다.

## II. 이 론 모 형

제시할 이론모형은 농가의 경영성과나 결과를 측정하는데 적합한 효율과 생산성을 측정할 수 있는 비모수적 접근방법이다. 농가의 성과는 효율과 그 효율을 구성하는 요소들, 가령, 순수효율, 규모, 혼잡(환경규제) 등과 같은 요소들의 차이로 평가할 수 있다. 경제학자들은 전형적으로 농가를 비롯한 의사결정 단위는 생산에서 최적화를 추구하는 것으로 생각한다. 농가는 목표를 가지고 주어진 기술제약과 여건 하에서 그 목표를 달성할 수 있는 한 최선을 다하는 생산 활동을 선택한다. 여기서 논의할 농가효율의 척도는 본질적으로 이러한 농가의 목표와 일치한다. 효율성을 측정하는 첫번째 단계는 투입물과 산출물을 사용하여 효율을 측정하는 DEA(data envelopment analysis)를 이용할 수 있다. 이 하에서는 효율과 비효율의 다양한 요소들에 관한 DEA 모형을 제시할 것이다. 주된 목표는 이러한 효율을 결정하는 요소들이 농가의 성과에 어느 정도 기여하는지를 계측해보고자 함이다.

### 2.1 효율과 DEA

효율은 필요한 최소 자원투입으로 산출물을 생산할 수 있는 능력으로 정의된다. Farrell(1957)은 추가적인 투입물을 사용하지 않고도 효율성을 향상시킴으로써 산출물이 증가될 수 있는 여지를 측정할 필요성을 제기한 바 있다. 효율적 생산은 파레토 최적의 관점에서 정의된다. 파레토최적 조건은 어떤 투입물을 증가시키지 않고 그리고 어떤 다른 산출물을 감소시키지 않고 해당 산출물이 증가될 수 없는 상태에 이를 경우 이 농가는 효율적이라 간주한다. 반대로 어떤 산출물을 감소시키지 않고 그리고 어떤 다른 투입물을 증가시키지 않고 해당 투입물이 감소될 수 있다면 이 농가는 효율적이지 못하다.

DEA는 각 농가에 대한 투입물에 대한 산출물의 상대적 비율을 측정하는 비모수적 선형 프로그램이다. DEA의 이점은 생산단위의 효율성을 측정하는데 사전적으로 어떤 형태의 생산함수를 가정할 필요가 없다는 점이다. 기본적인 생산기술에 관하여 사전적인 가정을 하기보다 표본에 관한 일련의 선형프로그램을 사용하여 효율적인 농가의 생산함수를 추정한다. DEA는 통계적 평균치를 가지고 특정 농가의 성과를 측정하기 보다는 비슷한 농가 중 가장 효율적인 농가와 비교함으로써 특정 농가의 비효율성을 계측한다. 그러나 DEA의 문제점으로는 포함된 농가들의 측정 자료에 관한 측정오차를 고려하지 못한다는 단점이 있다. 사용 자료의 신뢰성이 모든 통계분석에서 필요하듯이, 특히 DEA분석에서 그 신뢰성이 중요하다. 왜냐하면 DEA는 효율적인 생산단위가 생산프론티어와 프론티어 내에 존재하는 농가들의 효율수준을 결정하기 때문에 신뢰성이 낮은 자료에 특히 민감하게 반응하기 때문이다.

### 2.2 투입물 접근에 의한 기술효율

본 연구는 처분이 자유롭지 못한 혹은 처리에 비용이 소요되는 바람직하지 못한 투입물로서 질소와 인 배출량, BOD배출량을 포함한 모형을 설정한다. 생산 농가의 소득계층에 따른 상대적 효율을 측정하기 위하여 투입물 접근 방법에 기초한 기술 효율 척도를 제시하고자 한다. 이는 (그림1)과 같다.

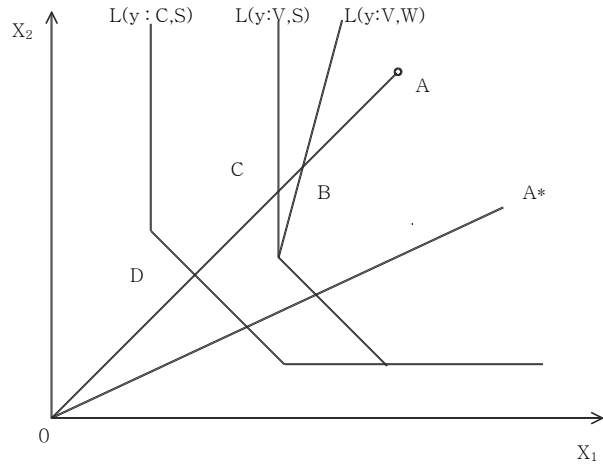
A점에서 생산하는 표본 기업 의 하나의 예를 살펴보자. 여기서 X1과 X2는 산출량 수준 y를 생산하기 위해 사용된 투입물을 의미한다. 규모효율과 환경규제를 의미하는 혼잡을 고려한 등량곡선의 프론티어는  $L(y : V, W)$ 로 표시할 수 있다.<sup>3)</sup> 명백히 A점은 등량곡선의 프론티어  $L(y : V, W)$ 내부에서 생산하면서 투입물을 낭비하고 있으므로 기술적으로 효율적이지 못하다. Ferrell(1957)은 비효율의 정도를 프론티어 상의 최대효율점과 방사선상의 내부점을 비교하여 효율측정을 제시하였다. 위 그림에서 이러한 순수기술효율  $TE(V, W)$ 은 OB/OA로 측정할 수 있다. OA는 실제 투입물사용량을 의미하고 OB는 투입물간 최초의 투입물 비율을 유지하면서 효율적으로 생산할 경우 필요한 투입물 사용량을 의미한다. 그러나 농가는 A점에서 순수하게 기술효율적인 B점으로 이동하더라도 등량곡선이 양(+)의 기울기를 갖는 후방으로 굽은 부분에서 생산을 하고 있다. 이는 투입물 X<sub>2</sub>의 한계생산물이 음(-)을 갖기 시작한 지점에서 투입물 사용혼잡으로 인하여 발생하게 된다. 따라서 투입물 X<sub>1</sub>을 일정하게 둔 상태에서 X<sub>2</sub>투입물을 줄임으로써, 산출량이 증가될 수 있음을 의미한다. 그러므로 B점에서 X<sub>2</sub>는 생산물에 혼잡을 발생시키고 즉, 생산물 생산을 방해

3) 관측된 산출물의 벡터를 M, 관측된 투입물의 벡터를 N이라 두면 이 때 기준기술의 집합은 다음과 같이 정의될 수 있다. 즉,

$$L(y : V, W) = \{y : ZM \geq y, ZN = \alpha x, 0 < \alpha \leq 1, \sum_{k=1}^K Z_k, Z \in R^k\}$$

하고 있어 파다 사용되고 있다는 것이다. 이것이 비효율 혼잡 CN이고 OC/OB로 측정된다. C점은 혼잡이 존재하지 않는 기술을 의미하는  $L(y:V,S)$ 의 등량곡선상 위에 위치하고 있다. 이와 대조적으로 등량곡선상내부에 있는 A\*점은 등량곡선이 양(+)의 기울기를 갖는 부분을 포함하고 있지 않으므로 혼잡요소가 존재하지 않는다. 따라서 혼잡효율은 1의 값을 갖는다.

(그림1) 투입물 기술효율 척도



전체적인 기술효율의 마지막 요소는 규모효율이다. 만약 한 농가가 장기적인 최적 규모의 경제하에서 생산활동을 한다면 규모가 효율적이라 간주된다.<sup>4)</sup> 위 그림에서 장기 최적 프론티어 곡선은  $L(y:C,S)$ 의 등량곡선과 일치한다. 따라서 규모효율,  $SE(y,x)$ 는  $OD/OC$ 로 측정된다.

이러한 3가지 유형의 효율을 합치면 전체적인 기술효율과 일치한다. A점에서 생산하는 농가의 전체적인 기술효율을 측정하면  $OD/OA$ 로 표시된다. 결과적으로 전체 기술효율은 상호 완전히 독립적이고 배타적인 세가지 효율의 요소인 순수기술효율, 혼잡(환경규제)요소, 규모효율로 구분된다. 즉,

$$TE(C, S) = TE(V, W) \cdot SE \cdot CN \quad (1)$$

이는 (그림1)에서 쉽게 다음과 같이 증명이 될 수 있다. 즉,

$$OD/OA = (OB/OA) (OC/OB) (OD/OC)$$

4) 장기 최적규모는 U자형태의 평균비용곡선을 갖는 경쟁기업이 최적규모 내지 규모불변(constant returns to scale)하에 생산하는 것을 말한다.

여기서 기술효율과 규모효율, 혼잡(환경요소)는 Farrell의 효율로서 모두 0과 1사이의 값을 갖는다. 1일 경우 효율적이지만 1보다 작으면 비효율이 발생하고 0에 근접할수록 비효율은 커짐을 의미한다.

이와 같이 기술 비효율의 나머지 두 요소는 앞서 제시하였듯이 생산함수에서 투입물, 산출물의 처분성의 형태와 규모경제의 상태와 연관된다. 약처분성은 혼잡의 존재를 의미한다. 반면에 강처분성은 혼잡이 없음을 가리킨다. 혼잡은 투입물을 감소 내지 축소시켰음에도 오히려 산출물이 증가할 경우 혹은 그 역이 성립할 때 발생한다. 즉 투입물 증가가 오히려 산출물을 감소시킬 때 혼잡이 일어난다. 비효율은 원하지 않는 투입물이나 산출물을 처분할 때 비용이 소요되어야 한다면 발생한다. 결과적으로 그렇지 않으면 바람직한 산출물 생산에 투입되어야 할 자원이 원하지 않는 투입물이나 오염물 처분에 사용되어야 한다. 그러므로 강처분 혹은 약처분의 존재여부는 환경규제로 인한 비효율을 확인하는데 중요한 판단기준이 된다.<sup>5)</sup>

나아가 개별 농가가 비효율을 보이는 프론티어 내부에서 최대효율의 프론티어 상으로 이동하기 위해서 현존자원사용의 효율을 증가시켜야 할 지 아니면 조업규모를 변화시켜야 할 지 명확치가 않다. 이 경우 규모불변(CRS)은 투입물과 산출물이 같은 율로 변화할 때를 의미하지만 가변규모(VRS)는 투입물과 산출물이 상이한 비율로 변화할 때 일어난다.

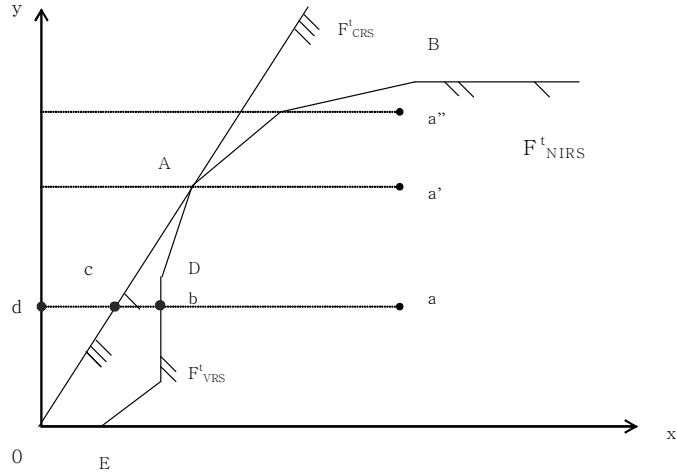
본 연구에서는 개별 농가의 기술효율을 세 가지 구성요소로 분해하여 비효율의 원인을 확인하는 것이다. 규모요소는 농가가 최적규모로부터 이탈한 정도를 보고 혼잡은 처분성에 제약의 여부 즉, 강분성으로부터 이탈을 측정하며, 순수기술효율은 프론티어상에서 이탈한 농가의 그 외 설명되지 않는 요소를 측정한다.

### 2.3 투입물 접근에 의한 규모효율 상태 계측

규모효율이 최적규모하에 있을 때 효율적이라 간주하면 이로부터 벗어난 경우는 비효율로 간주된다. 즉, 규모효율(SE) = 1일 때 규모불변(CRS) 하의 적정규모에 있음을 의미하고 1보다 작을 때 규모비효율이 있음을 보여준다. 규모효율 SE가 1보다 작은 경우를 가정하자. 이러한 규모비효율의 발생도 기술비효율의 한 요소로 포함된다. 따라서 규모효율의 정도 문제는 투입량과 산출량의 자원변화의 방향에 의해 설명이 될 수 있다. 기술비효율이 가동규모의 비효율로 인하여 발생하는지를 알아보기 위해 규모효율을 사용한다. 규모효율은 최적규모 CRS로부터 이탈된 정도로 측정한다. 투입물 규모비효율이 규모생산의 체감구간에서 작은 규모에서 생산해서 나타나는 것인지, 규모생산의 체감구간에서 너무 많은 생산물을 생산한데 기인한 것인지 확인하는 작업은 규모조정을 통하여 효율을 개선할 수 있으므로 중요한 관심사이다.

5) Fare et al.(1989, p.92), Boyd and McClelland(1999, p.127), Zaim and Taskin (2000, p.98), Sancho (2000, p.367), Zofio and Prieto (2001, p.68)을 참조바람.

(그림 2) 투입물 접근 규모효율의 상태 측정



규모효율의 상태는 그래프를 통하여 쉽게 설명된다. 기술의 형태는 일반적으로 프론티어 접근에서 (그림2)와 같이 3가지 유형으로 구분된다.<sup>6)</sup> t기의 투입물과 산출물에 대한 3가지 형태의 기준기술을 제시하고 있다. 원점0와 A를 연결한 연장한 선이 CRS기술이고 OAB를 연결한 곡선은 비체증규모(NIRS), EDAB를 연결한 곡선은 가변규모 VRS기술이다. 규모비효율이 최적규모에 아직 이르지 못한 규모체증 혹은 최적규모를 지나서 체감상태에 있는지에 따라 규모변화의 방향에 대한 처방은 달라져야 한다. 이를 위하여 비체증규모하의 거리함수가 사용된다. 즉, 규모효율  $SE < 1$ 이고 최적규모의 기술효율과 비체증규모하의 기술형태가 같다면 즉,  $F_{CRS} = F_{NIRS}$  면 그 관측값은 최적규모에 이르지 못한 체증규모에 있는 상태이고  $F_{CRS} > F_{NIRS}$  상태라면 체감상태에 있는 것을 시사한다. a 점에서 최적규모하의 기술효율은  $TE_c^t = cd/ad$ 가 되고 가변규모하의 기술효율  $TE_v^t = bd/ad$ 가 된다.<sup>7)</sup> 그러므로 규모효율은  $TE_c^t / TE_v^t$ 에 의해서  $cd/bd$ 로 측정된다. 즉,  $TE_c^t = TE_v^t * SE = (bd/ad) * (cd/bd) = cd/ad$ 가 성립한다. a'에서 생산활동을 할 경우  $F_{CRS} = F_{NIRS}$ 가 되고  $TE_c^t = TE_v^t$ 가 성립하므로 규모로 인한 비효율은 발생하지 않는다. 반대로 a''에서 생산할 경우  $F_{CRS} > F_{NIRS}$  상태가 되어 기술효율은  $TE_c^t < TE_v^t$ 이 성립하므로 규모체감상태임을 확인할 수 있다. 이 때는 최적규모를 향하여 생산규모를 축소하는 것이

6) Fare et. al.(1994) 참조바람.

7) 여기서 기술효율은 모두 Ferrell의 효율을 말한다.

비효율을 줄일 수 있다.

## 2.4 DEA 모형체계

표본 집단내 관측 농가에 대하여 바람직한 산출물 Y, 노동, 비료, 인, 토지와 자본 등 투입물을 X, 오염물 벡터를 W 라 두면 각 개별 농가는 투입물 벡터 X를 사용하여 산출물 벡터 Y를 생산하고 오염물 벡터 W를 배출한다고 가정하자. 가변규모와 오염물의 약처분성을 가정할 때, 개별 농가 k ( $k=1, \dots, K$ )에 대하여 투입지향 기술효율은 다음과 같은 비선형프로그램으로 측정될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 TE(V, W) &= \min \mu_{VW} \\
 s.t. & \sum_{k=1}^K z_k y_{km} \geq y_{km}, m = 1, \dots, M, \\
 & \sum_{k=1}^K z_k w_{ki} = \mu_{VW} \sigma w_{ki}, i = 1, \dots, I \\
 & \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} \leq \mu_{VW} x_{kn}, n = 1, \dots, N, \\
 & z_k \geq 0, \sum_{k=1}^K z_k = 1, \\
 & 0 < \sigma \leq 1, k = 1, \dots, K
 \end{aligned} \tag{2}$$

위 식에서  $TE(V, W)$ 는 오염물과 투입물의 약처분 가정하에 개별농가의 기술효율의 수준을 말한다.  $z$ 는 각 생산물과 투입물에 적용된 가중치(intensity variable)로서 관측자료에 k개의 비교 대상이 있다고 할 때 관측된 투입물과 산출물의 볼록결합을 통하여 강처분 생산집합의 최대가능성을 형성하게 된다. 즉, (2)식의 좌변은 산출물, 오염물, 투입물의 관측치 벡터와 각 관측치의 가중치인 밀도벡터  $z$ 가 결합하여 최대산출량과 최소투입량을 형성한다. 우변은 산출물, 오염물, 투입물의 각각 실제관측치를 말한다. 제약조건은 실제생산량 ( $y$ )은 최대산출량( $\sum_{k=1}^K z_k y_{km}$ )보다 클 수 없고

실제투입물( $x$ )은 최소투입물( $\sum_{k=1}^K z_k x_{km}$ )보다 적을 수 없다는 의미이다. 오염물은 좌변의 최대오염량이 우변의 실제오염량이상으로 증가할 수 없음을 시사한다. 등호는 오염물벡터내에 오염물이 자유롭게 처분될 수 없고 일정수준 감소를 가져온다, 즉, 개별농가의 실제오염물이 현재의 환경규제하에서 배출된 오염배출량 수준으로 보고 이 이상으로 최대오염배출량이 증가할 수 없도록 조정한다. 따라서 좌변과 우변이 일치할 때는 실제 산출물, 오염물, 투입물이 초과분이 없이 최대산출량, 최대오염량, 최소투입물과 동일하게 된다.  $\mu_{VW} = 1$  이면 가변규모와 약처분하의 기술효율은 효율적이고 프론티어상에 위치한다. 비효율적인 관측치는  $\mu_{VW} < 1$ 의 값을 갖는다. 특히  $\sigma$ 는 규모요소로서 약처분성이 가변규모와 함께 부과될 때 약처분성의 가능해가 존재하도록 결정된

다.  $\sum_{k=1}^K z_k = 1$ 의 제약조건은 생산기술집합을 축소시켜서 가변규모를 허용하게 된다.<sup>8)</sup>

이러한 기술효율은 강처분과 규모불변(CRS)하에서도 도출된다. 이 경우 (2)식에서 오염물의 약처분을 의미하는 등호는 강처분을 의미하는 부등호가 되고 가변규모를 불변규모로 전환하기 위해  $\sum_{k=1}^K z_k = 1$ 을 제거하면 된다. 추가적으로 약처분을 위해 필요했던 규모요소  $\sigma$ 를 제거하면 강처분과 규모불변하의 기술효율수준의 해를 얻을 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned} TE(C, S) &= \min \mu_{CS} \\ s.t. \sum_{k=1}^K z_k y_{km} &\geq y_{km}, m = 1, \dots, M, \\ \sum_{k=1}^K z_k w_{ki} &\geq \mu_{CS} w_{ki}, i = 1, \dots, I \\ \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} &\leq \mu_{CS} x_{kn}, n = 1, \dots, N, \\ z_k &\geq 0, k = 1, \dots, K \end{aligned} \quad (3)$$

나아가 투입물 규모효율 척도는 강처분하에서 최적규모(CRS)와 가변규모(VRS)하의 두 기술효율의 비로 측정되므로 두 계획프로그램의 해의 상대적 비가 된다. 규모효율 측정에 필요한 강처분과 가변규모하의 기술효율의 해는 (3)식에 추가적으로 가변규모에 대한 제약식인  $\sum_{k=1}^K z_k = 1$ 를 추가한 선형프로그램을 설정하면 그 해를 도출할 수 있다. 만약 강처분하의 불변규모와 가변규모하의 기술효율에 대한 두 해의 값이 동일할 경우 그 농가의 규모효율은 효율적이고 그 값은 1이 된다. 즉, 개별 농가의 가변규모와 오염물의 강처분성 하에서 기술효율의 계획식은 (4)식과 같다.

마지막으로 규모경제가 체증구간에 위치하고 있는지 체감구간에 있는지 그 상태를 확인하기 위해서는 추가적으로 강처분과 가변규모 하에서 기술효율과 강처분과 비체증규모하에 선형계획문제를 설정하여 강처분과 규모불변(CRS)하의 기술효율 수준과 비교함이 필요하다. 이는 기존의 (3)식에  $\sum_{k=1}^K z_k \leq 1$ 의 조건을 추가하면 되고 이 추가 조건은 규모불변(CRS)하의 생산가능곡선보다 생산가능곡선을 신축적으로 축소시켜 준다. 따라서 가변규모(VRS)와 비체증규모(NIRS)하의 기술효율은 (그림2)에서 알 수 있듯이 CRS하의 기술효율의 값보다 큰 값을 갖는다. 강처분과 비체증규모하의 기술효율의 선형 계획프로그램은 (5)과 같이 유도된다.

8) 자세한 사항은 Fare et al.(1994)참조바람.

$$\begin{aligned} TE(V, S) &= \min \mu_{VS} \\ s.t. \sum_{k=1}^K z_k y_{km} &\geq y_{km}, m = 1, \dots, M, \\ \sum_{k=1}^K z_k w_{ki} &\geq \mu_{VS} w_{ki}, i = 1, \dots, I \\ \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} &\leq \mu_{VS} x_{kn}, n = 1, \dots, N, \\ z_k &\geq 0, \sum_{k=1}^K z_k = 1, k = 1, \dots, K \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} TE(N, S) &= \min \mu_{NS} \\ s.t. \sum_{k=1}^K z_k y_{km} &\geq y_{km}, m = 1, \dots, M, \\ \sum_{k=1}^K z_k w_{ki} &\geq \mu_{NS} w_{ki}, i = 1, \dots, I \\ \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} &\leq \mu_{NS} x_{kn}, n = 1, \dots, N, \\ z_k &\geq 0, \sum_{k=1}^K z_k \leq 1, k = 1, \dots, K \end{aligned} \quad (5)$$

### III. 자료 및 실증결과

본 연구에서는 실제 농업생산효율 측정을 위해서 1998~2002년의 기간에 걸친 통계청(농림부)의 농가경제조사 가구별 원자료(panel data)를 이용하였다.<sup>9)</sup> 실제자료의 대상은 3000여개의 표본농가들 중에서 매년 동일한 농가로서 5년간 계속 조사된 농가 1700여개를 대상농가로 선정하였다.<sup>10)</sup> 통계자료의 투입요소는 경지면적, 가변요소투입, 자본, 노동투입 4가지이다. 바람직한 산출물은 농업총산출을 포함시켰고 바람직하지 못한 산출물인 오염물은 개별 농가당 생물학적 산소요구량(BOD), 질소(N), 인(P) 배출량을 이용하였다. 가변요소투입에는 비료, 농약, 광열비 및 농업노임 등 농가가 구입한 모든 경영비의 합으로 대체하였다. 농업조수입, 농업자본액, 자체구입비용 등은 물량단위가 아닌 금액단위를 이용하였다.<sup>11)</sup> 경지면적은 농가별 토지

9) 이 자료는 김은순 외(2004)가 사용한 자료와 동일하다. 이들은 농가를 경영형태별로 분석하였으나 본 연구는 원시자료를 소득계층별로 재분류한 자료를 이용하였다.

10) 1998~2002년간, 연도별 총농업농가의 수는 1,556개로부터 1,777개로 분포한다. 농업계층별, 연도별 상세한 농가수는 통계청의 해당연도의 농가경제조사 가구를 참조바람.

11) 이것이 DEA(data envelopment analysis)의 장점이다. 물량단위나 금액단위의 구분없이 사용될 수 있다. 일반적으로 금액단위는 연도간 비교를 위해서는 실질화해야 할 것이다. 그러나 여기서 기술효율은 횡단면 자료 즉, 1700여개 농가를 상호비교하여 효율을 측정하기에 실질화는 의미가 없다.

소유량으로 이용하였고, 농업자본은 토지를 제외한 대동물, 대식물, 영농건물, 농기계의 평가액의 합계로 채택하였으며 농업노동투입량은 가구별 월별 농업노동투입시간을 연간 합계하여 이용하였다. 농업총산출은 작물수입과 축산수입을 포함한 농업총수입을 대상으로 하였다. 환경규제의 요소로서 오염배출량으로 사용된 생물학적 산소요구량(BOD), 질소(N), 인(P)은 가구별 논·밭 경작면적과 가축 사육두수에 오염원별(N, P) 배출 원단위를 적용하여 간접적으로 산출된 것이다.<sup>12)</sup>

<표 1>농가소득계층별 생산자재 투입 및 요소생산성 비교(1998~2002년평균)

구분	1계층	2계층	3계층	4계층	5계층	계
경지면적(평)	7,111	5,466	4,536	3,763	3,152	4,895
농가자산(천원)	37,990	25,518	19,444	16,915	20,321	24,341
가변요소구입(천원)	15,174	10,563	8,510	7,095	8,204	10,036
농업노동투입시간(시간)	2,114	1,752	1,560	1,345	1,264	1,626
N 배출(kg/호)	82.049	61.410	49.663	42.431	42.508	56.427
P 배출(kg/호)	6.913	4.001	3.281	2.520	2.606	3.944
BOD 배출(ton/호)	0.128	0.056	0.045	0.033	0.041	0.062
농가수입(천원)	38,960	24,463	18,652	14,017	10,671	21,951
대상농가수(호)	1,816	1,810	1,755	1,688	1,441	8,512

자료 : 통계청, 농가경제조사 가구별 원자료, 1998~2002.

본 연구에서는 환경요인을 포함한 한국 농업의 농가수준에 있어서 경쟁력 수준을 보여줄 수 있는 기술효율, 환경효율 그리고 규모효율 상태를 계측하기 위해서 연간 소득의 크기를 농가소득규모로 5개의 계층으로 구분하였다.<sup>13)</sup> <표 1>은 농가소득 계층별 요소투입과 오염물배출, 농가수입에 관한 1998~2002년간 평균치를 제시한 것이다. 농가소득계층별 생산요소 투입을 비교해 보면 호당 경지면적은 1계층이 가장 높게 나타났고 5계층이 가장 적다. 1계층과 2계층 간의 격차가 다른 계층 간의 격차보다 크게 나타났다. 이는 1계층의 소득이 다른 계층보다 훨씬 높은 원인이 되고 있다. 경지면적과 동일한 농업노동투입시간도 계층에 따라 비례해서 증가한다.<sup>14)</sup>

12) 산출방법은 김은순, 김태훈 (1999)를 참조바람.

13) 본 연구는 5분위로 소득계층을 구분하였다. 즉, 전체농가소득분포에서 소득을 기준으로 상위 20%를 차지하는 계층을 1계층, 하위 20%를 차지하는 계층을 5계층으로 구분하였다. 연도별로 농가가 차이가 있을 수 있다. 1998~2002년의 평균소득 기준으로 1계층은 35,199,381원이상, 2계층 23,945,109원이상~35,199,381원 미만, 3계층 16,950,388원이상~23,945,109원미만, 4계층 1,067,841원이상~16,950,388원미만, 5계층은 1,067,841원미만이다.

14) 한국의 경우 경지면적이 넓다고 해서 즉, 대농의 경작이라고 해도 기계의 보급이 그다지 높지 않은 것이 일반적이다. 가령 미국은 대규모의 농장을 경영하는 경우에는 트랙터, 헬리콥터등의 대형 농기계를 이용한다는 사실과는 사정이 다르다.

또한 바람직하지 못한 산출물인 P, N, BOD 배출량도 비슷한 추이를 보인다.

그러나 제시된 통계치만으로 소득계층별, 각 계층 내 개별농가의 생산의 기술효율이나 규모효율, 환경효율이 반드시 비례하지는 않을 것이다. 계층 간 효율의 순위는 투입물, 산출물, 오염배출량을 함께 결합시켜 동시에 분석해 줄 수 있는 최적해 프로그래밍을 이용할 경우 가능하다. 효율의 측정은 최적해를 얻는데 주로 사용되는 On Front 프로그램을 이용하였다. 이를 이용하여 이론평형의 선형프로그래밍을 추정하면 강처분기술과 약처분기술하의 기술효율, 규모불변(CRS), 가변규모(VRS), 비례증규모(NIRS)하의 기술효율을 측정할 수 있다. 여기서 시도된 효율측정방법은 자료 포락분석(Data Envelopment Analysis)에 의거하여 주어진 실제 자료를 가지고 생산가능곡선의 경계영역을 결정하기 때문에 실증에 투입된 자료 중 최대효율을 보이는 측정단위(best practice)는 항상 산출거리함수의 측정치가 1로 나타난다.<sup>15)</sup> 따라서 기술효율은 관측치 간에 생산가능곡선을 기준으로 상대적인 거리를 비교하는 것이고 효율의 정도는 측정대상 단위 간에 상대적인 효율로 표시된다.<sup>16)</sup>

1998~2002년의 농가경제조사 원자료를 이용하여 연도별로 농가전체를 대상으로 기술 효율을 계측한 실증결과는 <표 2>와 같다. 이는 규모수익불변하의 강처분성 하에서 생산기술효율을 3 가지 내부요소, 규모수익가변과 약처분성 하에서의 생산 기술효율, 강처분성하의 규모효율, 환경효율성으로 분해한 결과치이다. 1998~2002년간 강처분과 규모일정불변하의 기술효율, TE(C,S), 즉 환경에 대한 비용부담이 없이 환경을 자유롭게 이용 가능한 조건하에서 측정된 생산의 기술효율은 0.521이다. 대체로 소득수준이 높은 계층일수록 생산기술효율이 높고 4, 5계층은 다른 계층에 비해 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 농가계층을 모두 망라할 때 우리나라 평균 농가들은 기존의 효율수준에서 약 48% 정도의 기술효율개선의 여지가 있다. 이는 최대효율농가에 비하여 여타 농가의 기술효율이 떨어져서 생산요소의 낭비나 생산량의 비효율적 산출이 발생하고 있음을 의미하는 것이다.

환경규제로 인한 제약은 생산자원의 오염처리로의 이전을 초래하므로 생산량이 감소하게 되고 생산량과 오염처리는 대체관계에 놓이게 된다. 강처분 기술과 약처분 기술하의 효율격차가 클수록 환경규제의 영향이 보다 높음을 의미한다. 약처분 하에서의 기술효율성은 농가전체 평균 0.587로 강처분하의 기술효율 0.521과 큰 격차를 보이지는 않는다. 실제 환경제약으로 인한 기술효율의 상실은 <표2>에서 볼 수 있듯이 농가전체 평균 3%로 추정되어서 현재까지는 한국농업에서 환경규제가 전체기술의 비효율성에 상대적으로 크게 영향을 주지 않는 것으로 추정된다.<sup>17)</sup>

15) DEA는 생산가능곡선상의 점과 그 내부 점 간에 효율을 비교하는 것이다. 자세한 내용은 강삼목, 김은순(2002)를 참조바람.

16) 이 접근방법은 상대적 효율측정방법으로 널리 이용되고 있다. 최대효율을 보인 측정단위는 비효율이 없는 것으로 가정되는 단점이 있다. 자세한 내용은 Fare et al.(1994)를 참조바람.

17) 강삼목·김은순(2002)은 한국제조업의 경우, 환경규제로 인한 비효율성을 5~6%로 추정한 바 있다.

<표 2> 전제농가의 평균 생산기술효율 계측결과(1998년 ~ 2002년)

구 분	TE (C.S)	TE (V.W)	SE	CN
1계층	0.569	0.646	0.927	0.961
2계층	0.538	0.591	0.941	0.976
3계층	0.516	0.574	0.933	0.973
4계층	0.498	0.558	0.923	0.976
5계층	0.471	0.558	0.889	0.964
평 균	0.521	0.587	0.924	0.970

한편 규모효율성은 농가전체 평균으로 0.924로 추정되어서 규모의 비효율성이 7.6% 수준으로 나타났다.<sup>18)</sup> 이는 이론모형에서 제시된 바와 같이 강처분기술하에서 최적규모로부터 이탈된 정도를 나타내며, 현재의 규모기술을 전제할 경우 규모확대사업의 기대가능효과는 경영주체의 평균생산비를 농가전체 평균으로 7% 정도 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다.

전체적으로 TE(C,S)의 평균치 0.521 중 한국농가의 소득계층별 가장 큰 비효율의 원인은 순수기술비효율 TE(V, W)로서 약 41.3%, 규모비효율은 7.6%, 환경비효율 3%의 순으로 나타났다. 즉 순수기술효율의 증대가 한국농가 가장 절실하고 적정규모의 생산 또한 제고되어야 할 것이다.

<표 3> CRS와 강처분하의 기술효율 계측

소득계층	1998	1999	2000	2001	2002	평균
1	0.546	0.573	0.580	0.646	0.501	0.569
2	0.537	0.546	0.563	0.598	0.447	0.538
3	0.511	0.515	0.544	0.592	0.416	0.515
4	0.506	0.493	0.554	0.538	0.412	0.500
5	0.482	0.457	0.509	0.508	0.398	0.470
평균	0.518	0.521	0.5550	0.579	0.437	0.521

<표 3>은 강처분성(strong disposability)과 최적규모(CRS)하에서 1998년 ~ 2002년 평균 기술효율을 보여준다. 연도별 평균기술효율은 0.437~0.579사이에 분포한다. 2002년에 모든 소득계층에서 전체적으로 평균 기술효율수준이 낮아진 것은 자연재

18) 단, 2002년의 경우는 규모의 비효율성이 11% 정도로 높게 추정되었는데 이는 자연재해등 기술 외적 요인에 의한 영향으로 본다.

해등 예기치 않은 상황에서 이에 대한 농가간의 대처기술 등의 격차로 평균 기술효율 수준이 하락한 것으로 판단되나 이는 일시적 현상으로 예상된다. 연도별 소득계층별 기술효율수준의 변화추세를 보면 모든 소득계층에서 매년 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 이와 같은 소득계층별 평균 기술효율수준의 점차적 증가 현상은 한국농가의 농가간의 기술효율이 경제성장과 더불어 수렴되어서 그 격차가 점차 좁혀지고 있다고 보는 것이 타당하다. 즉, 후발농가의 기술수준이 점차 선발농가의 기술수준을 따라잡고 있으며 이러한 현상은 특히 상층농에서 빠르게 진전되고 있다고 보여진다.

<표 4> VRS와 약처분성하의 기술효율 계측결과

소득계층	1998	1999	2000	2001	2002	평균
1	0.615	0.661	0.660	0.702	0.595	0.646
2	0.579	0.595	0.618	0.640	0.520	0.590
3	0.570	0.568	0.597	0.632	0.501	0.570
4	0.568	0.552	0.602	0.580	0.490	0.558
5	0.560	0.543	0.595	0.589	0.501	0.557
평균	0.580	0.587	0.616	0.630	0.523	0.587

반면, 규모수의 가변적이고 약처분 기술하에 도출된 생산의 기술효율은 <표 4>와 같다. 이 기술효율은 이론모형에서 제시하듯이 <표 3>의 기술효율보다는 전반적으로 높다.<sup>19)</sup> 5년간 평균치를 비교할 때, 농가소득이 가장 높은 1계층의 기술효율이 가장 높다. 연도별 변화도 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 다만 2002년의 경우는 태풍 투사, 홍수등의 자연재해로 인해 기술효율이 상대적을 낮게 측정되고 있다.

<표 5>는 환경효율성을 연도별, 계층별로 제시하고 있다.<sup>20)</sup> 환경규제를 받는 농가는 규제에 수반되는 비용의 부담을 의미한다. 이 같은 규제에 따르는 비용 부담 또는 환경오염 감소를 위한 비용은 상실된 생산물의 관점에서 측정할 수 있다. 이는 곧 환경규제의 기회비용으로 고려될 수 있다.<sup>21)</sup> 여기서 기회비용은 환경 규제가 생산 과정에 제약을 가할 때 일어날 수 있고 규제받지 않을 때의 생산가능성에 비해

19) 오염물의 약강처분 기술하의 생산가능 곡선에 비하여 처분 기술의 가정하에 생산가능곡선에서 표본자료들이 축소되었기 때문이다.

20) 환경효율성은 이론모형에서 강처분과 약처분 기술하의 각각 기술효율의 상대적 비율로 표시된다.

21) 쌀농업이나 축산업에서 오염배출량을 줄이기 위해 농약과 비료사용을 저감하거나 축산폐수처리시설의 설치나 가동은 생산비의 추가 내지 기존 생산량의 감소를 초래한다. 그 기회비용은 실제생산액\*환경비효율성 = 실제생산액\*(1-환경효율성)이다.

규제받을 때 효율이나 생산의 상실이 초래되는 것을 의미한다. 환경효율성은 1에 가까울수록 환경규제가 있더라도 생산제약이 적음을 의미하고 1에서 멀어질수록 규제에 따른 생산제약이 증가하여 비용부담이 증가함을 말한다.

최근 5년간 농가전체의 환경효율성은 평균 0.970로서 환경의 비효율성은 3.0%로 나타났다. 소득계층별로 5년간 평균 환경효율성은 2계층과 4계층이 0.976으로 가장 높았다. 다음은 3계층, 5계층 순서이다. 반면에 1계층은 0.961로 가장 낮은 환경효율성을 보여서 환경규제에 따른 비용부담이 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 1계층의 단위 농가당 농약사용량과 비료사용량이 높고 결과적으로 N P, BOD의 배출량이 가장 높았던 것으로 오염저감에 약한 생산구조를 가지고 있음을 시사한다.

전체적으로 환경효율은 0.970로서 환경제약에 따라 생기게 되는 오염저감의 기회비용은 환경효율이 높을수록 감소한다. 오염저감의 기회비용은 한 농가당 약 3.6 백만원으로 계측되었다. 개별농가의 평균 상실액을 전체농가에 대해 합산하였을 경우 한국 농가 전체적으로는 약 68.5억원의 연간 기회비용이 소요되는 것으로 추산되었다. 각 계층간의 환경효율의 차이는 최대 0.015에서 최소 0.003에 분포한다. 이는 우리나라의 환경제약이 축산업을 제외하고는 아직 개별 농가에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 보인다. 1998년 이후 환경효율은 전반적으로 증가하는 추세를 보였다.

특히 2001년에 환경효율이 가장 높은 것은 그 때 정부가 시행한 친환경농업 육성정책을 통한 지원결과로 추정된다.

한편, <표 6>은 규모효율의 계측결과를 보여주고 있다. 규모효율성은 1998~2002년에 농가전체 평균으로 0.924로 추정되어서 규모의 비효율성이 7-8% 수준으로 나타났다.<sup>22)</sup> 이는 이튼모형에서 제시된 바와 같이 강처분기술하에서 최적규모로부터 이탈된 정도를 나타내며, 현재의 규모기술을 전제할 경우 규모화사업의 기대가능효과는 농가의 평균생산비를 농가전체 평균으로 7% 정도 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다. 규모효율은 중상층농(2, 3계층)에서 비효율이 가장 낮고 영세농에서 비효율이 높게 나타났다. 중상층농의 규모화사업은 평균생산비 5%내외 감소효과가 있고 영세농의 규모화사업효과는 평균생산비 10%내외 감소를 가져오는 것으로 나타났다. 한편 모든 소득계층에서 평균 규모효율수준이 서서히 증가하고 있다.

22) 단, 2002년의 경우는 규모의 비효율성이 11% 정도로 높게 추정되었는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 자연재해등 기술외적 요인에 의한 영향으로 본다.

<표 5> 년도별 환경효율성과 환경오염규제의 기회비용

구 분	환경효율성	상실된 생산효율	환경오염감소의 기회비용 또는 생산물상실		
			개별농가평균 (천원)	전체농가합계 (백만원)	
98년	1계층	0.957	0.043	1,917	656
	2계층	0.977	0.023	409	136
	3계층	0.971	0.029	500	156
	4계층	0.973	0.027	400	123
	5계층	0.963	0.037	631	166
	계	0.968	0.032	794	1,235
99년	1계층	0.957	0.043	1,880	680
	2계층	0.971	0.029	752	275
	3계층	0.975	0.025	482	169
	4계층	0.975	0.025	329	110
	5계층	0.959	0.041	423	111
	계	0.968	0.032	803	1,345
00년	1계층	0.960	0.040	2,047	772
	2계층	0.974	0.026	767	279
	3계층	0.974	0.026	566	203
	4계층	0.972	0.028	444	152
	5계층	0.961	0.039	470	141
	계	0.968	0.032	888	1,547
01년	1계층	0.979	0.021	742	270
	2계층	0.982	0.018	372	140
	3계층	0.982	0.018	319	118
	4계층	0.986	0.014	155	54
	5계층	0.960	0.040	429	137
	계	0.978	0.022	404	719
02년	1계층	0.954	0.046	1,955	727
	2계층	0.974	0.026	701	263
	3계층	0.963	0.037	773	282
	4계층	0.973	0.027	395	140
	5계층	0.979	0.021	209	62
	계	0.968	0.032	837	1,474
평균	1계층	0.961	0.039	1,708	621
	2계층	0.976	0.024	600	218
	3계층	0.973	0.027	528	186
	4계층	0.976	0.024	345	116
	5계층	0.964	0.036	432	123
	계	0.970	0.030	743	1,264

<표 6> 규모효율 계측결과

소득계층	1998	1999	2000	2001	2002	평균
1	0.945	0.925	0.930	0.948	0.891	0.927
2	0.950	0.953	0.946	0.957	0.900	0.941
3	0.941	0.941	0.944	0.958	0.883	0.933
4	0.925	0.931	0.939	0.945	0.874	0.922
5	0.906	0.890	0.907	0.917	0.825	0.889
평균	0.935	0.930	0.934	0.946	0.887	0.924

그러면 과연 얼마나 많은 농가가 최적규모에서 생산을 하는가를 보기 위하여 <표 7>과 같이 농가소득계층별로 규모최적, 규모체증, 규모체감 상태에서 생산하는 농가를 분류하였다.<sup>23)</sup> 최적규모로 생산하는 농가수가 전체적으로 3% 내외이다. 규모체증상태에서 생산하는 농가는 전체 농가의 70%를 점유하고 있으며 이들 농가는 생산규모를 확대하는 것이 합리적이다. 반면에 규모체감상태에서 생산하는 농가는 전체 농가의 27%에 이르며 이들 농가는 생산규모를 축소하는 것이 필요하다.

한편 소득계층별 규모확대 또는 축소농가 비율을 보면 상층농일수록 규모체감상태에서 생산농가 비율 높다. 즉 상층농일수록 규모축소를 필요로 하는 농가 비율이 높다. 특히 제1계층의 경우 2001년 현재 56.6%의 농가가 규모 축소를 필요로 한다. 이러한 현상은 생산규모가 큰데 반하여 젊은 노동력이 부족한데서 기인하는 것으로 추론된다. 한편 5계층의 경우도 2001년 12.9%의 농가가 규모 축소를 필요로 하는데 이 경우도 노동력의 노령화 또는 영농기계의 결여 등에 기인하는 것으로 보인다. 더욱이 상층농의 경우 규모확대 필요농가 비율이 점차 감소하는 반면에 최적규모 생산농가 비율은 미미하게 증가하여서 점차 규모축소필요 농가가 증가하는 상태이다.

세부적으로 1998년 규모효율의 상태를 살펴보면 전체 조사농가 대상 수 1,556개 중 최적규모하 생산농가는 1계층의 농가가 가장 높고 4, 5계층의 농가비율은 낮다. 생산규모 확대가 필요한 농가는 규모가 가장 큰 1계층에서 해당 농가의 57%로 가장 낮고 생산규모가 가장 작은 5계층 농가에서 88.6%로 가장 높다. 반대로 최적 생산규모를 벗어나 생산규모 체감상태에 위치하여 규모축소가 필요한 농가의 비율은 1계층의 농가가 38.4%로 가장 높은 반면에 생산규모가 가장 작은 5계층의 농가는 예상대로 가장 낮은 9.2%에 불과하였다.

23) 규모효율(SE)의 값이 1인 효율적인 농가와, SE의 값이 1이 아닌 효율적이지 못한 농가들 중에서 CRS와 NIRS하의 기술효율의 값을 비교하여 측정된 수치이다. 자세한 측정과정은 부록을 참조바람.

<표 7> 규모효율의 상태 계측결과

구분	대상 농가수	최적규모 농가수	생산규모 확대	생산규모 축소	
98년	1계층	342	16(4.6)	195(57.0)	131(38.4)
	2계층	332	12(3.6)	242(72.9)	78(23.5)
	3계층	311	9(2.8)	258(82.9)	44(14.3)
	4계층	308	5(1.6)	256(83.1)	47(15.3)
	5계층	263	6(2.2)	233(88.6)	24(9.2)
	계	1,556	48(3.0)	1,184(76.0)	324(21.0)
99년	1계층	362	12(3.3)	174(48.0)	176(48.7)
	2계층	365	8(2.1)	262(71.8)	95(26.1)
	3계층	351	6(1.7)	298(85.0)	47(13.3)
	4계층	335	8(2.3)	309(92.2)	18(5.5)
	5계층	264	10(3.8)	236(89.4)	18(6.8)
	계	1,677	44(2.6)	1,279(76.2)	354(21.2)
00년	1계층	377	20(5.3)	147(38.9)	210(55.8)
	2계층	363	8(2.2)	206(56.7)	149(41.1)
	3계층	359	8(2.2)	221(61.6)	130(36.2)
	4계층	343	8(2.3)	227(66.2)	108(31.5)
	5계층	299	13(3.8)	243(81.3)	43(14.4)
	계	1,741	57(3.2)	1,044(60.0)	640(36.7)
01년	1계층	363	26(7.1)	132(36.3)	205(56.6)
	2계층	377	11(2.9)	199(52.8)	167(44.3)
	3계층	369	16(4.3)	225(60.9)	128(34.8)
	4계층	349	9(2.6)	279(80.0)	61(17.4)
	5계층	319	7(2.2)	271(84.9)	41(12.9)
	계	1,777	69(3.9)	1,106(62.2)	602(33.9)
02년	1계층	372	21(5.6)	172(46.2)	179(48.2)
	2계층	374	11(2.9)	254(67.9)	109(29.2)
	3계층	365	8(2.2)	273(74.8)	84(23.0)
	4계층	353	4(2.2)	281(79.6)	68(19.2)
	5계층	297	8(2.7)	256(86.2)	33(11.1)
	계	1,761	52(2.9)	1,236(70.1)	473(27.0)
평균	1계층	363.2	19.0(5.2)	164.0(45.1)	180.2(49.7)
	2계층	362.2	10.0(2.7)	232.6(64.2)	119.6(33.1)
	3계층	351.0	9.4(2.6)	255.0(72.6)	86.6(24.8)
	4계층	337.6	6.8(2.0)	270.4(80.0)	60.4(17.8)
	5계층	288.4	8.8(3.1)	247.8(85.9)	31.8(11.0)
	계	1,702.4	54.0(3.2)	1,169.8(68.7)	478.6(28.1)

주 : 계층별 규모확대 필요농가(%) = 100 - 최적규모 생산농가 비율 - 규모축소 필요농가 비율

연도별로는 생산규모확대가 필요한 농가의 수는 규모가 가장 큰 농가가 소속된 1계층의 경우는 2002년을 제외하고 점차 그 비중이 감소하는 형태를 보였고 오히려 규모를 축소해야 하는 비율이 점점 증가하는 형태를 보였다. 이러한 현상은 상충농 위주의 규모확대와 투자확대를 통한 구조개선 사업으로 초래된 것으로 여겨진다. 물론 상대적으로 규모가 큰 2, 3계층의 농가들도 이와 유사한 패턴을 보여주고 있다. 그러나 4, 5계층의 경우는 연도 간에 뚜렷한 추세를 보일만큼 규모의 변화에 이렇다 할 특징을 보이지는 않는다. 즉, 1998년 이후 규모축소가 필요한 농가의 비율이 약간 증가하였으나 주목할 만한 변화를 보여주지는 못하였다. 오히려 4, 5계층에 속한 대상농가의 수는 최근으로 올수록 그 수치가 증가하고 있는 추세를 고려할 때, 생산규모 확대를 위한 노력은 뚜렷한 성과를 확인할 수는 없다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 근래 농가의 계층 간 격차확대 및 농가소득의 정체와 원인을 농가 소득계층별로 진단·분석함으로써 경쟁력 있는 농가 유형의 육성을 위한 정책적 시사점을 얻기 위하여 농가유형별 생산기술효율과 규모효율, 환경효율을 측정해 보았다.

1998~2002년간 규모불변 및 강처분하에서의 생산기술효율은 전 계층을 포함하여 그 평균 기술효율수준은 0.521로 나타났다. 여기서 발생하는 비효율의 원인은 순수 기술비효율이 41.3%, 규모비효율은 7.6%, 환경비효율 3%의 순으로 설명이 가능하다. 순수기술효율의 향상이 중요할 뿐만 아니라 이와 함께 규모효율이나 환경효율에 대한 개선노력이 병행되어야 할 것임을 시사한다. 연도별 계층별 기술효율수준의 변화추세는 매년 꾸준히 증가하는 추이를 보이고 있다. 이는 농가 계층 간의 생산기술효율이 좁혀지고 있다는 것을 의미한다. 즉, 후발농가의 기술수준이 점차 선발농가의 기술수준을 따라잡고 있는 것이다. 농가소득계층별로는 1998년 이후 상충농일수록 상대적으로 높은 기술효율을 실현하는 것으로 나타났다. 상충농이 영세농에 비하여 기술효율이 높은 것은 경지 조건의 상대적 양호, 높은 기계화 등으로 소농에 비하여 과학영농이 가능하기 때문이다.

규모효율은 중상층농(2, 3계층)에서 비효율이 가장 낮고 영세농(4, 5계층)에서 비효율이 높게 나타났다. 중상층농의 규모화사업은 평균생산비 5%내외 감소효과가 있고 영세농의 규모화사업효과는 평균생산비 10%내외 감소를 가져오는 것으로 나타났다. 한편 모든 소득계층에서 평균 규모효율 수준은 서서히 증가하고 있다. 최적규모에서 생산하는 농가수가 전체적으로 3%내외이며, 규모체증상태에서 생산농가는 전체 농가의 70%를 점유하고 따라서 이들 농가는 생산규모를 확대하는 것이 합리적이다. 반면에 규모체감상태에서 생산농가는 전체 농가의 27%에 이르며 이들 농가는 생산규모를 축소하는 것이 필요하다.

한편 소득계층별 규모확대 또는 축소농가 비율은 상충농일수록 규모체감상태에서

생산하는 농가의 비율이 높다. 즉 상충농일수록 규모축소를 필요로 하는 농가 비율이 높다. 이러한 현상은 생산규모가 큰데 반하여 젊은 노동력이 부족하면서 기인하는 것으로 추론된다. 더욱이 상충농의 경우 규모확대 필요농가 비율이 점차 감소하는 반면에 최적규모 생산농가 비율은 미미하게 증가하여서 점차 규모축소가 필요한 농가가 증가하는 상태다.

결론적으로 한국농가의 생산의 기술효율은 순수기술효율과 규모효율 면에서 경지 규모별로 큰 격차를 보여주고 있다. 앞으로 기술진보와 더불어 기술효율, 규모효율, 환경효율 등 농업의 효율성을 개선시킴으로써 농업생산성을 향상시킬 수 있는 여지가 상당히 존재한다는 것을 반증하는 것이다. 농업의 소득격차의 축소를 위해서는 신기술의 도입과 혁신을 통한 구조개선도 필요하지만 농업내부에 존재하는 비효율을 개선하는 노력도 이와 동등하게 비중을 두고 추진되어야 할 것이다. 기술발전은 농업의 성장을 가속시키지만 농가계층간 격차는 이와 더불어 기존 기술의 확대이용과 효율적 활용보급을 통하여 축소가 가능하기 때문이다. 기술효율성 개선을 위하여 농업의 기계화 보급확대, 신 기술활용, 농업상품에 관한 교육, 종자개발을 위한 연구결과의 이용증대, 정보 인프라의 확충 등 효율향상을 위한 다각적인 노력이 필요하다. 환경적 관점에서든 개방화를 앞둔 시점에서 농산물에 대한 국제적 환경압력에 대비하여 경쟁력 제고를 위한 노력들이 단계적으로 추진되어야 할 것이다.

향후과제는 이 연구에서 분석된 결과들에 대하여 구체적인 원인을 규명하는 것이 필요하다. 즉 농가 계층별로 기술효율, 규모효율 또는 환경효율의 격차의 원인이 무엇인지를 심층 분석하는 연구가 이루어져야 정책적으로 보다 의미 있는 대응 자료를 제시할 수 있다. 나아가 농가 계층 간 격차확대의 원인을 생산기술효율 측면뿐 아니라 가격을 고려한 비용효율 또는 경제적 효율에 관한 연구가 병행될 때 보다 포괄적인 설명이 가능하다. 또한 보다 장기의 시계열 자료를 이용하여 농가 계층 간 생산성 변화 측면에서 분석하는 것이 요구된다.

#### <참 고 문 헌>

강봉순·노재선, “레이동조확률 생산함수에 의한 경영규모별 미곡생산의 효율성 분석”, 『농촌계획』 1(1): 99-110, 1995.  
 강상목, “환경제약을 고려한 기술효율 및 생산성에 관한 연구”, 『경제학연구』 51(1): 273-303, 2003.  
 강상목·김은순, “환경규제와 기술계약: 한국 지역 제조업을 중심으로”, 『자원환경경제연구』 11(3): 345-375, 2002.  
 권오상, “한국미작농가의 생산기술 분석: 비모수적 방법을 이용한 효율성 분석을 중심으로”, 『경제학연구』 45(4): 251-270, 1997.

권오상, “쌀 농업용 화학투입제의 적정사용여부에 관한 비모수적 분석”, 「농업경제연구」 39(1): 251-270, 1998.

김은순·김태훈, 「농업부문 녹색GDP의 산출을 위한 기초연구」R398.한국농촌경제연구원, 1999.

김은순·강삼복·문한필, “농가경영형태별 환경효율 비교분석”, 「한국축산경영학회·한국농업정책학회」31(2): 269-292, 2004

김영식, “수도작 농가의 기술 및 규모효율성 분석”, 「농업경제연구」 40(1): 1-14, 1999.

김정호·위용석, “쌀농업의 효율성과 관련요인 분석.” 「농촌경제」 20(1): 19-28, 1997.

김한호, “수도생산의 규모별 경제효율성에 관한 연구,” 서울대학교 석사학위 논문, 1986.

안동환·강봉순·권오상, “비육우산업의 생산성 변화 분석: 효율성변화와 기술 변화의 분리”, 「농업경제연구」 39(1): 87-111, 1998.

이순석·김충실·이상호, “비모수적 접근에 의한 친환경농업의 효율성 분석 -사과생산을 중심으로-” 「농업경제연구」 42(2): 51-65, 2001.

홍승지, “ 한국 미작농가에 있어서 규모의 경제성 분석,” 서울대 대학원 석사학위 논문, 1994.

Afriat, S., “Efficiency Estimation of production Functions.” *International Economic Review* 13: 568-598, 1972.

Banker. R.D., A. Charnes, and W. Cooper, “Models for Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis.” *Management Science* 30: 1078-1092, 1984.

Boyd. G.A. and J.D. McClelland, “The Impact of Environmental Constraints on Productivity Improvement in Integrated Paper Plants.” *Journal of Environmental Economics and Management* 38: 1211-1242, 1995.

Caves, D.W., L.R. Christensen, and E. Diewert, “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity,” *Econometrica*, 50(6): 1393~1413, 1982.

Chung Y.H., R. Fare and S. Grosskopf, “Productivity and Undesirable Output: A Directional Distance Function Approach.” *Journal of Environmental Management* 51: 229-240, 1997.

Domazlicky B.R. and W. Weber, “Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry?,” *Environmental and Resource Economics*, 28: 301-324, 2004.

Färe, R., S. Grosskopf, and Daniel Tyteca, "An Activity Analysis Model of the Environmental Performance of Firms-Application to Fossil-fuel fired Electric Utilities," *Ecological Economics*, 18 : 161 ~ 175, 1996.

Färe, R., S. Grosskopf. M. Norris and Z. Zhang, “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries.” *The American Economic Review* 84(1): 66-83, 1994.

Färe, Rolf, Shawana Grosskopf and Carl Pasurka, “Effects on Relative Efficiency in Electric Power Generation Due to Environmental Controls.” *Resources and Energy* 8: 167-184, 1986.

Färe, Rolf, Shawana Grosskopf. C.A.K. Lovell and Carl Pasurka, “Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Non-parametric Approach.” *Review of Economics and Statistics* 71: 90-98, 1989.

Färe. R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell, “Studies in Productivity Analysis.” in A. Dogramaci (ed.). *The Measurement of Efficiency of Production*. Kluwer Nijhoff: Boston, Mass, 1985.

Farrell, M.J, “The measurement of Productive Efficiency.” *Journal of Royal Statistical Society* 120: 253-281, 1957.

Lansink, A.O. and E. Silva, “CO2 and Energy Efficiency of Different Heating Technologies in the Dutch Glasshouse Industry.” *Environmental and Resource Economics* 24: 395~407, 2003.

Sancho, Francesc Hernaandez, Tadeo, Andres Picazo and Ernest Reig Martinez, " Efficiency and Environmental Regulation," *Environmental and Resource Economics* 15 : 365-378, 2000.

Shephard, Ronald W., *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press: Princeton, 1970.

Tyteca, D., “Linear Programming Models for the Measurement of Environmental Performance of Firms-Concepts and Empirical Results.” *Journal of Productivity Analysis* 8: 183-198, 1997.

Weber W. and B. Domazlicky, “ Productivity Growth and Pollution in state Manufacturing , “*The Review of Economics and Statistics*, 83(1):195-199, 2001.

Zaim, O. and F. Taskin, “Environmental Efficiency in Carbon Dioxide Emissions in the OECD: A Nonparametric Approach.” *Journal of Environmental Management* 58: 95-107, 2000.

Zofio, Jose L. and Angel M. Prieto, "Environmental Efficiency and Regulatory Standards: the Case of CO2 Emissions from OECD Industries," *Resource and Energy*, 23: 63~83, 2001.

<부록> 규모효율의 상태 계측

구 분	Obs	Si	Fi(C,S)	Fi(N,S)	규모효율상태	현재위치	비 고	
9 8 년 도	1계층	1	1.000	1.000	1.000	비효율	체증필요	효율농가수 16
		5	0.435	0.435	0.435	비효율	체증필요	체증농가수 195
		1548	0.982	0.894	0.911	비효율	체감필요	체감농가수 131
	2계층	4	0.893	0.893	0.893	비효율	체증필요	효율농가수 12
		9	0.569	0.488	0.488	비효율	체증필요	체증농가수 242
		1556	0.998	0.570	0.571	비효율	체증필요	체감농가수 78
	3계층	3	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 925
		7	0.360	0.275	0.275	비효율	체증필요	체증농가수 8
		1549	0.964	0.562	0.562	비효율	체증필요	체감농가수 44
	4계층	2	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 5
		21	0.874	0.333	0.333	비효율	체증필요	체증농가수 256
		1553	0.982	0.286	0.286	비효율	체증필요	체감농가수 47
	5계층	6	0.572	0.572	0.572	비효율	체증필요	효율농가수 6
		29	0.816	0.596	0.596	비효율	체증필요	체증농가수 233
		1555	0.944	0.529	0.560	비효율	체증필요	체감농가수 24
9 9 년 도	1계층	14	0.997	0.997	1.000	비효율	체감필요	효율농가수 12
		17	0.542	0.373	0.373	비효율	체증필요	체증농가수 174
		1671	0.725	0.585	0.806	비효율	체감필요	체감농가수 176
	2계층	3	0.907	0.907	0.907	비효율	체증필요	효율농가수 8
		12	0.565	0.446	0.446	비효율	체증필요	체증농가수 262
		1672	0.919	0.429	0.467	비효율	체감필요	체감농가수 95
	3계층	5	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 6
		8	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 298
		1674	0.815	0.388	0.388	비효율	체증필요	체감농가수 47
	4계층	1	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 8
		2	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 309
		1673	0.982	0.335	0.341	비효율	체감필요	체감농가수 18
	5계층	4	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 10
		20	0.588	0.588	0.588	비효율	체증필요	체증농가수 236
		1676	1.000	1.000	1.000	비효율	·	체감농가수 18

구 분	Obs	Si	Fi(C,S)	Fi(N,S)	규모효율상태	현재위치	비 고	
0 0 년 도	1계층	3	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 20
		17	0.382	0.200	0.200	비효율	체증필요	체증농가수 147
		1740	0.865	0.419	0.485	비효율	체감필요	체감농가수 210
	2계층	4	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 8
		6	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 206
		1730	0.930	0.621	0.668	비효율	체감필요	체감농가수 149
	3계층	5	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 8
		9	0.514	0.514	0.514	비효율	체증필요	체증농가수 221
		1720	0.999	0.531	0.532	비효율	체감필요	체감농가수 130
	4계층	1	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 8
		2	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 227
		1736	0.930	0.725	0.725	비효율	체증필요	체감농가수 108
	5계층	11	0.594	0.594	0.594	비효율	체증필요	효율농가수 13
		13	0.520	0.452	0.452	비효율	체증필요	체증농가수 243
		1741	1.000	1.000	1.000	효율	·	체감농가수 43
0 1 년 도	1계층	6	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 26
		8	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 132
		1777	0.985	0.341	0.346	비효율	체감필요	체감농가수 205
	2계층	2	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 11
		4	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 199
		1773	1.000	1.000	1.000	효율	·	체감농가수 167
	3계층	5	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 16
		11	0.919	0.919	0.919	비효율	체증필요	체증농가수 225
		1776	1.000	1.000	1.000	효율	·	체감농가수 128
	4계층	3	1.000	1.000	1.000	효율	·	효율농가수 9
		7	1.000	1.000	1.000	효율	·	체증농가수 279
		1753	0.987	0.531	0.531	비효율	체증필요	체감농가수 61
	5계층	1	0.880	0.880	0.880	비효율	체증필요	효율농가수 7
		16	0.638	0.537	0.537	비효율	체증필요	체증농가수 271
		1771	1.000	0.458	0.458	비효율	체증필요	체감농가수 41

구 분	Obs	Si	Fi(C,S)	Fi(N,S)	규모효율상태	현재위치	비 고	
0 2 년 도	1계층	4	0.326	0.326	0.326	비효율	체증필요	효율농가수 21
		9	0.033	0.023	0.023	비효율	체증필요	체증농가수 172
		1758	1.000	1.000	1.000	효율	·	체감농가수 179
		1	0.621	0.621	0.621	비효율	체증필요	효율농가수 11
2계층	5	0.365	0.365	0.365	비효율	체증필요	체증농가수 254	
	1761	0.949	0.225	0.238	비효율	체감필요	체감농가수 109	
	7	0.604	0.604	0.604	비효율	체증필요	효율농가수 8	
3계층	14	0.391	0.364	0.364	비효율	체증필요	체증농가수 273	
	1760	0.857	0.431	0.503	비효율	체감필요	체감농가수 84	
	8	0.110	0.093	0.093	비효율	체증필요	효율농가수 4	
4계층	18	0.656	0.656	0.656	비효율	체증필요	체증농가수 281	
	1749	0.889	0.480	0.540	비효율	체감필요	체감농가수 68	
	2	0.592	0.592	0.592	비효율	체증필요	효율농가수 8	
5계층	3	0.571	0.571	0.571	비효율	체증필요	체증농가수 256	
	1759	1.000	1.000	1.000	효율	·	체감농가수 33	

주 1) Obs는 각 개별농가, Si는 규모효율, Fi(C,S)는 CRS이고 강처분하의 기술효율 Fi(N,S)는 NIRS이고 강처분하의 기술효율을 의미

2) 각 기술효율의 수치는 소수점 4자리에서 반올림하였음.