



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

경제학석사학위논문

식량 및 에너지안보에 따른 국가  
유형별 생산효율성 분석

2015년 8월

서울대학교 대학원

농경제사회학부 농업·자원경제학전공

한 기 욱

# 식량 및 에너지안보에 따른 국가 유형별 생산효율성 분석

지도교수 김 관 수

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함

2015년 8월

서울대학교 대학원

농경제사회학부 농업·자원경제학전공

한 기 옥

한기옥의 석사학위논문을 인준함

2014년 8월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부 위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문초록

# 식량 및 에너지 안보에 따른 국가 유형별 생산효율성 분석

서울대학교 대학원  
농경제사회학부 농업·자원경제학 전공  
한기욱

극심한 기상이변으로 인한 치솟는 식량가격, 석유와 천연가스를 차지하기 위한 에너지 확보 경쟁이 심화되고 있는 상황에서 식량 및 에너지안보는 개별 국가의 문제를 넘어 금융 위기와 함께 세계 3대 위기 문제가 되었다. 한 국가의 정세변화는 다른 국가를 위기상황에 몰 수 있다는 것을 의미하며 급변하는 정세 속에서 개별국가는 이에 대한 대비책이 필요한 상황이 되었다. 또한, 제한된 에너지 자원과 지구온난화에 대처하기 위한 대책으로 옥수수, 콩, 사탕무 등을 이용한 바이오에너지의 사용 확대가 주목 받게 됨에 따라, 식량 재배면적과 공급을 감소시켜 곡물가격을 상승시키고, 식량안보를 위협하는 부작용을 낳고 있다. 이는 에너지안보를 추구하는 과정에서 식량안보를 야기하는 불균형을 낳을 수 있다는 것을 의미한다. 이처럼 식량 및 에너지안보는 이제 따로 다루어져야 할 주제가 아닌 함께 다루어져야 하는 주제가 되었다.

따라서 본 연구에서는 식량 및 에너지안보 상황을 중심으로 개별 국가의 생산의 효율성을 알아보고자 한다. 식량 및 에너지안보를 고려함에 있어

개별 국가의 추구하는 방향과 정치적인 목적은 다를 수 있지만, 생산의 효율성을 높이는데 있어서는 이견이 없을 것이다. 저개발 국가들의 효율성은 낮을 것으로 예상되며 다른 국가들보다도 이들 국가의 생산력 제고 방안이 더욱 필요한 실정이다.

이를 위해, 본 연구는 115개 국가 중 자료 취득이 가능한 89개국을 대상으로 식량 및 에너지안보에 따른 생산효율성을 분석한다. 분석기간은 2001년-2007년이며 평균값을 이용하였다. 우선 개별국가가 처한 환경이 다른 상황에서 전체를 대상으로 분석이 이루어지면 현실적인 분석이 불가능하기 때문에 국가의 특성을 살린 유형화를 위해 군집분석을 실시한다. 분석을 위한 변수로는 개별 국가의 식량 및 에너지안보 상황을 보여주기 위해 연도별 생산량 및 공급량(소비량)을 이용하여 구한 자급률과 함께 세계에서 차지하는 개별 국가의 식량 및 에너지생산량의 비율을 고려하기 위해 국가별 1인당 식량 및 에너지생산량 자료도 포함하였다. 그 외 개별 국가의 특성을 보여주기 위해 국가별 생산력 정도를 나타낼 수 있는 변수인 학교등록률, 1인당 GDP, 농촌인구비율 등을 이용하였고 물가변동수준을 통해 각 국가의 경제 변화수준을 반영하고자 하였다.

더불어, 국가별 생산의 효율성을 추정하기 위해 식량과 에너지 생산에 영향을 미칠 수 있는 변수를 선정하였다. 식량 생산을 위한 투입변수로는 토지(경지면적), 노동(농업에 종사하는 경제활동인구), 자본(농업분야의 순자본스톡), 비료사용량, 곡물수입량을 사용하였고 에너지 생산을 위한 투입변수로는 석유매장량, 천연가스매장량, 노동<sup>2</sup>(에너지산업에 종사하는 경제활동인구), 자본<sup>2</sup>(에너지산업에 투입되는 GDP), 바이오에너지, 원유수입량을 사용하였다. 산출물로는 곡물, 어류, 육류 생산량의 합인 식량생산량과 석유단위로 환산된 에너지생산량을 이용하였다.

전체국가를 대상으로 한 자료포락분석의 결과, CRS, VRS모형의 평균값은 식량의 경우 0.553, 0.733, 에너지는 0.666, 0.750으로 나타났다. 이는 분석대상 국가의 현재 생산량에 대한 투입량에는 식량의 경우 44.7% 감소시킬 가능성이 있고 에너지의 경우 33.4%를 감소시킬 가능성이 있다는 것을 의미하며 모든 국가가 규모를 변경하지 않고 현재의 규모에서 비효율의 요인만 개선한다면 국가전체에서 투입량 수준을 식량은 26.7%, 에너지는 25.0%

감소시킬 가능성이 있다는 것을 의미한다. 다음으로 현실적인 국가별 생산의 효율성을 파악하기 위해 군집분석 결과를 중심으로 군집별 효율성을 측정하였다. 군집은 총 5개로 나누어졌으며 식량 및 에너지안보에 있어 가장 위험한 군집은 군집 4로 나타났다. 본 연구는 생산의 효율성을 측정하는 것뿐만 아니라 비효율 국가들의 벤치마킹 대상 국가를 설정하는데 도움을 주기 위해 군집 4의 비효율적인 국가들을 대상으로 참조집합 파악하였다. 식량 생산에 있어 참조집합으로는 브라질, 불가리아, 중국 등으로 나타났고 에너지 생산에 있어서는 모잠비크, 파라과이 등으로 나타났다. 이들 국가는 개별 국가의 생산력 수준은 높지 않은 국가들이지만, 식량 또는 에너지를 생산함에 있어서는 효율적인 것으로 나타나 비효율 국가들의 참조집합이 되었다. 이처럼 유사한 생산구조성격을 갖고 있는 국가별로 분류하여 생산 효율성을 평가하면 유사한 국가 중에서 목표로 하는 국가가 나오기 때문에 개선목표는 보다 현실성이 있게 되며 군집 4 국가들은 참조집합의 투입비중을 고려하여 투입량을 결정할 수 있다.

본 논문은 식량 및 에너지안보에 대한 관심이 높아지고 있는 현 상황에서 식량 및 에너지안보에 있어 가장 기본이 되는 생산의 효율성 부분을 다루었다. 또한, 가장 위험한 상황에 처한 국가들을 분류하여 벤치마킹 국가를 설정하여 현실적인 투입량 설정에 도움을 주고자 하였다. 그러나 국가를 분류함에 있어 경제력과 교육수준과 같은 정량적인 부분은 다룰 수 있었던 것에 비해 개별 국가의 지리적인 요소나 자연환경을 반영하지 못한 것은 한계점으로 남는다. 더불어 구체적인 개선목표를 달성하기 위한 개별 국가가 추구하는 방향이나 투입항목에 대한 요인분석이 이루어지지 못하였고 개선안의 구체화와 이에 따른 개선효과에 대한 정량적 평가법 등이 이루어지지 않아 지속적인 연구가 요구된다.

주요어: 식량안보, 에너지안보, 효율성, 유형화, 요인분석, 군집분석, 자료포락분석

학 번: 2013-23239

## < 목 차 >

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구 배경 및 필요성 .....	1
제 2 절 연구 내용 및 방법 .....	3
제 3 절 선행연구 검토 .....	5
제 4 절 논문의 구성 .....	7
제 2 장 식량 및 에너지안보 현황 .....	8
제 1 절 식량안보 현황 .....	8
제 2 절 에너지안보 현황 .....	10
제 3 절 식량안보와 에너지안보의 관계 .....	13
제 3 장 분석모형 및 자료 .....	15
제 1 절 분석 모형 .....	15
제 2 절 분석 자료 .....	23
제 4 장 분석결과 .....	28
제 1 절 분포함수 추정 .....	28
제 2 절 요인분석 및 군집분석 .....	29
제 3 절 유형별 자료포락분석(DEA) .....	35
제 4 절 비효율 원인분석 .....	40
제 5 장 요약 및 결론 .....	43
참 고 문 헌 .....	45
Abstract .....	48

## < 표 목 차 >

<표 2-1> 경제발전과 식량수출입 유형에 따른 국가별 식량안보 .....	9
<표 2-2> 세계 석유매장량 순위(2011) .....	11
<표 2-3> 세계 천연가스매장량 순위(2011) .....	12
<표 3-1> 요인 변수의 기초통계량 .....	24
<표 3-2> 투입요소 변수와 산출물 변수 .....	25
<표 3-3> 순 자본스톡 구성 .....	26
<표 3-4> 효율성 평가를 위한 투입변수와 산출변수의 기초통계량 ..	27
<표 4-1> 기간별 식량자급률의 기본 통계치 .....	29
<표 4-2> 요인분석 결과 .....	30
<표 4-3> 군집분석 결과 .....	31
<표 4-4> 유형별 식량 및 에너지자급률 기초통계량 .....	32
<표 4-5> 식량 및 에너지자급률 현황(100% 기준) .....	34
<표 4-6> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과 .....	37
<표 4-7> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과(군집 1) .....	38
<표 4-8> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과(군집 4) .....	40
<표 4-9> 비효율 국가들의 참조집합 및 참조비중 .....	42

## < 그림 목 차 >

<그림 4-1> 국가 기준 식량자급률 분포 .....	29
<그림 4-2> 유형별 산점도 결과 .....	33



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경 및 필요성

극심한 기상이변으로 인한 치솟는 식량가격, 석유와 천연가스를 차지하기 위한 에너지 확보 경쟁이 심화되고 있는 상황에서 식량 및 에너지안보는 개별 국가의 문제를 넘어 금융 위기와 함께 세계 3대 위기 문제가 되었다. 이는 한 국가의 정세변화는 다른 국가를 위기상황에 몰 수 있다는 것을 의미하며 급변하는 정세 속에서 개별국가는 이에 대한 대비책이 필요한 상황이 되었다.

특히, 식량 및 에너지안보문제는 자급수준을 유지하지 못하는 국가들에게 큰 문제가 되고 있는데 Falcon and Naylor(2005)는 곡물가격의 급등에 따른 식량안보 문제는 저개발국뿐만 아니라 식량의 해외 의존도가 높은 선진국들에게도 중요한 국가적 관심사로 여겨지고 있다고 하였다. 또한, 세계인구가 급속히 증가하는 추세 속에서 한정된 에너지 자원의 대체 안으로 바이오에너지가 각광받게 됨에 따라 식량 및 에너지안보는 동시에 고려해야 되는 상황이 되었다.

우리나라와 같이 자급률 수준은 낮지만 경제력이 좋은 국가들은 식량과 원유를 수입해 안보 문제를 대응해왔다. 그러나 아프리카 등의 많은 국가에서는 식량을 수입할 수 있는 경제력 또한 없어 안보 문제는 더욱 심각한 상황이다. 에너지 문제 또한 상황은 조금 다르나 식량문제와 유사하다. 에너지는 살아가는 데 꼭 필요하지만 에너지원의 대부분을 차지하는 석유나 천연가스자원은 고르지 않게 분포되어 있다. 이와 같은 상황에서 에너지 자원이 풍부하지 못한 국가들은 대체 기술을 개발하여 비교우위를 가지거나 재생 가능한 에너지를 개발할 필요가 있다. 그러나 그렇지 못한 국가들이 다수 존재하며 이러한 문제는 국가 존재의 문제로까지 연결될 수 있다.

식량 및 에너지안보의 중요성을 반영하여 국내 및 해외에서도 연구가 진행되고 있다. 그러나 이 둘을 동시에 다루는 연구가 많지 않으며 정성적인 연구가 주를 이루고 있다. 국내에서는 한두봉 외(2012)에서 115개국의 식량 및 에너지자급률을 중심으로 각 국가의 안보수준에 따른 국가유형 분석을 시도하였고, 김관수 외(2014)에서 식량과 에너지안보의 참조국가별 상호연관성과 이행경로 분석을 하였다. 그러나 김관수 외(2014)에서는 개별 국가의 특성이 제어되지 못했다는 점을 한계점으로 지적하였다. 따라서 본 연구는 이러한 한계점을 해소하기 위해 개인 또는 여러 개체를 유사한 속성을 지닌 대상들끼리 그룹화 하는 탐색적 다변량 분석 기법인 군집분석을 이용하여 국가별 특성을 나타내고자 하였다.

해외에서는 바이오에너지와 생산성 향상에 주안을 두고 있는 연구들이 진행되고 있다. Karp and Richter(2011)은 식량, 에너지, 환경은 통합적으로 접근되어야 하고 경작지를 단순히 확장할 것이 아니라 지속가능한 농업을 위한 전략적 규제가 필요하며 바이오매스 작물의 생산성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다고 하였다. Pingali et al.(2012)는 농업 생산성 증가는 식량과 바이오 연료 사이의 충돌을 방지하기 위해 필수적이라고 보았고 생산력 수준이 낮은 국가들에게 바이오 연료 원료 생산이 농촌 지역의 고용과 소득의 새로운 소스를 제공할 수 있는 기회가 될 수 있다고 하였다.

본 연구는 Karp and Richter(2011), Pingali et al.(2012)의 논문을 착안해 생산성을 다루고자 하며 식량 및 에너지안보상황을 중심으로 개별 국가의 생산의 효율성을 알아보하고자 한다. 식량 및 에너지안보를 고려함에 있어 개별 국가의 추구하는 방향과 정치적인 목적은 다를 수 있지만, 생산의 효율성을 높이는데 있어서는 이견이 없을 것이다. 저개발 국가들의 효율성은 낮을 것으로 예상되며 다른 국가들보다도 이들 국가의 생산력 제고 방안이 더욱 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전체 국가를 대상으로 하는 효율성 분석

과 개별국가가 처한 환경이 고려된 유형별 효율성 분석을 진행한다. 또한, 비효율 국가들을 중심으로 생산의 효율성을 높이기 위한 벤치마킹 국가를 설정하여 투입량 결정 및 발전방향에 도움을 주고자 한다.

## 제 2 절 연구 내용 및 방법

본 연구는 115개 국가 중 자료 취득이 가능한 89개국을 대상으로 식량 및 에너지안보에 따른 생산효율성을 분석한다. 분석기간은 2001년-2007년이며 평균값을 이용하였다. 우선 개별국가가 처한 환경이 다른 상황에서 전체를 대상으로 분석이 이루어지면 현실적인 분석이 불가능하기 때문에 국가의 특성을 살린 유형화를 위해 군집분석을 실시한다.

기존의 식량 및 에너지안보와 관련된 국가를 분류하는 방법으로는 식량 및 에너지자급률을 중심으로 각 국가의 안보수준에 따른 유형 분석을 시도(한두봉 외, 2012)하거나 참조그룹 국가별(OECD, HDI 상/하위, 체제전환국, OPEC)로 분류하여 분석을 실시하였다. 하지만, 개별 국가의 생산력 수준이나 경제사정과 같은 국가의 환경이 반영되지 않았거나 참조국가 그룹 간의 국가별 특성은 고려되었으나, 참조 국가 그룹 내의 국가별 특성이 반영되지 않은 점은 한계점으로 지적된다. 따라서 본 연구는 이러한 한계점을 해소하기 위해 개인 또는 여러 개체를 유사한 속성을 지닌 대상들끼리 그룹화 하는 탐색적 다변량 분석 기법인 군집분석을 이용하였으며 국가 특성변수에는 국가 경제력을 나타내는 변수, 교육수준을 나타내는 변수, 물가변동 수준을 나타내는 변수, 그리고 식량 및 에너지자급률을 나타낼 수 있는 변수 등을 이용하여 국가별 특성을 나타내고자 하였다.

다음으로 DEA(Data Envelopment Analysis)기법을 적용하여 생산 효율성을 분석한다. 이동소 외(2012)에서는 체제전환 국가들의 시장

경제로의 편입 이후 농업 생산성의 변화를 확률적 생산경계함수 모형을 이용하여 실증적으로 분석하였는데 이때 투입요소로는 토지(경지면적, 다년생 작물 재배면적, 목초지면적의 합), 노동(농업, 임업, 수렵 또는 어업에 종사하는 경제 활동인구), 자본(트랙터 수)을 이용하였다. 본 연구에서는 생산량을 중심으로 식량의 경우, 토지(경지면적, 다년생 작물 재배면적, 목초지면적의 합), 노동(농업에 종사하는 경제활동인구), 자본(농업의 순자본스톡), 비료사용량, 곡물수입량을 투입물로, 곡물생산량, 어류생산량, 육류 생산량의 합을 식량생산량으로 하여 산출물로 이용하였다. 에너지의 경우, 석유매장량, 천연가스매장량, 노동<sup>2</sup>(에너지 산업에 종사하는 경제활동인구), 자본<sup>2</sup>(에너지 산업에 투자되는 GDP), 바이오에너지(바이오에너지 생산을 위해 투입되는 에너지 소비량), 원유수입량을 투입물로, 에너지생산량을 산출물로 하였다.

또한, DEA기법을 적용함에 있어 규모보수일정을 의미하는 CRS(Constant Returns to Scale) 모형만을 고려하는 것이 아니라 규모보수가변을 의미하는 VRS(Variable Return to Scale) 모형을 추가하여 효율성을 평가한다. 이는 국가별로 처한 환경이 다른 상황에서 규모보수일정으로 가정하는 것은 타당하다고 볼 수 없으며 실제 모형에 따라 얻어진 생산의 효율성에도 큰 차이가 나기 때문이다.

이러한 모형별 효율성 값을 이용하여 모든 모형에서 효율적인 국가를 알아본다. 더불어 식량 및 에너지안보에 있어 가장 위험한 위치에 있는 유형을 중심으로 비효율 원인 분석을 하여 참조집합을 확인하고 적정 투입량 및 산출량을 알아본다. 마지막으로 주요 참조집합을 벤치마킹 국가로 삼고 비효율 국가들의 발전방안에 대해 알아본다.

## 제 3 절 선행연구 검토

### 1. 식량 및 에너지안보에 대한 정의

식량안보가 국제사회에서 공식적으로 논의된 것은 1974년 세계식량회의이며, 이후 식량안보의 개념과 정의는 여건변화에 따라 개정되어졌다. 가장 일반적인 식량안보의 정의는 1996년 세계식량정상회의에서 정의되었으며, 대부분의 정부와 비정부기구에 의해 합의되었다. 식량안보의 정의는 세 가지 패러다임으로 변화되었다. 첫째, 세계 및 국가차원에서 소비자가구 차원의 식량안보로, 둘째, 식량위주의 관점에서 건강한 삶의 관점으로, 셋째, 객관적인 지표에서 주관적 지표를 반영하는 방향으로 변화되었다(Maxwell, 1996; Olivier Ecker, 2012).

우리나라에서의 식량안보 연구는 국민들에게 안정적인 식량을 공급하기 위한 국가적 차원에서 접근되어 왔다. 임송수(1999)는 세계 곡물수급의 현황과 전망을 분석하고 우리나라 식량안보에 관련된 지표를 제안하였다. 성명환(2000)은 세계 곡물시장의 동향과 불안정 요인, 국내 식량수급 동향과 곡물수입의 국내 파급효과, 해외로부터 안정적인 공급가능성 등을 분석하여 21세기 우리나라 식량안보확보 방안을 제시 하였다. 이원진(2009, 2010), 전익수 외(2011)는 식량안보를 정량적으로 제시하기 위해서 다양한 지표를 중심으로 우리나라의 식량안보 지수를 측정하였다. 최근 연구 중에서는 안병일 외(2012)에서 식량안보의 정의에 대해 논의를 하였고 거시적/양적 차원의 식량안보 정의로 농업 생산성을 반영하는 식량자급률을 언급하였다.

이러한 선행연구들은 식량 및 에너지안보의 정의를 내리는데 도움이 되었으며 본 연구에서는 거시적/양적 차원의 정의에 따라 자급률을 안보 수준을 나타내는 척도로 삼았다.

## 2. 국가 유형을 나누는 연구

식량 및 에너지안보와 관련한 실증연구에 국가 유형을 구분한 연구로는 한두봉 외(2012), 김관수 외(2014)등이 있다. 한두봉 외(2012)에서는 115개국의 식량 및 에너지자급률을 중심으로 각 국가의 안보 수준에 따른 국가유형 분석을 시도하였다. 식량 및 에너지자급률을 중심으로 국가유형을 나누어 발전 유형을 보였으며 전체 국가의 식량 안보와 에너지안보 간의 상호연관성 분석을 통해 음의 상관관계를 보였다. 그러나 국가유형을 구분할 때 자급률을 중심으로 나누었기 때문에 개별 국가의 특성이 반영되지 않은 것과 전체국가를 기준으로 상호연관성 분석을 하여 유형별 특성이 반영되지 않은 것이 제한점이 될 수 있다. 김관수 외(2014)에서는 식량과 에너지안보의 참조국가별 상호연관성과 이행경로 분석을 하였다. 국가별 특성을 제어하기 위해 참조그룹 국가별(OECD, HDI 상/하위, 체제전환국, OPEC)로 분석하여 평균 분석에 의존한 선행연구와 대비하여 차별성 있는 분석결과를 제시하였다. 특히, 참조국가 그룹별 식량자급률과 에너지자급률 간의 상호연관성 분석을 통해 이전 한두봉 외(2012)의 연구에서 식량 및 에너지자급률의 상호연관성이 음이라고 했던 것과는 달리 유형별로 다른 결과가 나타난다는 것을 보였다. 하지만 김관수 외(2014)의 연구에서도 밝혔듯이 참조국가 그룹 간의 국가별 특성은 고려하였으나, 참조국가 그룹 내의 국가별 특성을 동일한 것으로 가정한 것을 연구의 한계점으로 지적하였다.

## 3. 효율성 계측과 관련된 연구

자료포락분석법, 비모수효율성분석법 등으로 불리는 DEA는 유사한 환경에 놓인 경영단위들의 효율성을 상호 비교 분석하는 방법이다. 1970년대 후반 공식적으로 등장한 이래 많은 경영·경제 분석 사례연구에서 널리 활용되고 있고, 국내에서도 DEA를 활용한 분석이 다수 이루어졌다. 농업경제 분야에서도 DEA는 많이 활용되었으며 권오상 외

(2009), Chavas and Kim(2015) 등 다수의 연구에서 활용되었다. 분석을 함에 있어 DEA만을 활용하는 사례, DEA와 TOBIT을 같이 활용하는 사례, 군집분석과 DEA를 함께 활용하는 사례, DEA와 FDH를 활용하는 사례, DEA와 FDH를 포괄할 수 있는 ‘이웃집합’을 고려한 비모수적 방법을 이용하는 등의 다수의 연구가 존재한다. 이러한 방법들은 주로 농가 단위와 같이 작은 경영체를 대상으로 진행한 경우가 많다. 그러나 식량 및 에너지안보와 같이 거시적인 관점에서의 효율성 연구는 이루어지지 않고 부족한 게 현실이다.

#### 4. 선행연구와의 차별성

본 연구는 국가 유형을 구분함에 있어 그룹 내의 특성을 고려하기 위해, 사회 통념을 기준으로 국가 유형을 구분하지 않고 통계적 기법을 이용하여 국가를 분류하였다. 또한, 식량 및 에너지안보와 관련된 정성적인 연구는 많이 진행되어 있으나 정량적인 연구가 부족한데 본 연구는 정량적으로 시도했다는 것에서 차별성이 있으며 생산의 효율성을 분석함에 있어 전체 국가를 대상으로 DEA를 진행하는 것이 아닌 개별 국가의 특성을 반영한 유형화된 그룹별로 분석하였다는 점에서 차별성이 있다.

## 제 4 절 논문의 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장에서는 연구 배경 및 필요성, 연구 내용 및 방법 그리고 선행연구를 검토한다. 제 2장에서는 식량 및 에너지안보 현황을 알아보고 제 3장에서는 분석모형에 대한 설명과 분석에 이용된 자료를 알아본다. 제 4장에서는 분석결과를 제시하고 제 5장에서는 지금까지 도출된 결과를 바탕으로 연구 내용을 요약하고 결론을 제시한다.

## 제 2 장 식량 및 에너지안보 현황

### 제 1 절 식량안보 현황

FAO(Food and Agriculture Organization)에 따르면 2015년, 전 세계에서 굶주림에 시달리는 기아 인구는 7억 9,500만 명으로 집계되고 있으며 개발도상국 아동의 상당수가 저체중으로 파악되고 있다. 이는 1990년과 비교했을 때 2억 1,600만 명의 기아 인구가 감소되었음을 의미하지만, 여전히 전 세계 노동인구의 20%에 해당하는 노동자계층은 극빈층(1인당 1일 1.25달러 이하)인 상태이며 영양부족인구는 전 세계 인구의 12.9%를 차지하고 있다.

기아 인구의 감소는 동아시아와 라틴 아메리카에서 주로 이루어지고 있는데 이러한 이유는 경제성장과 함께 농업에 대한 투자를 늘렸기 때문이다. 그러나 24개의 아프리카 국가들은 식량안보 수준을 높이기 위한 노력을 하고 있음에도 최근의 기상이변, 자연 재해, 정치적 불안정, 글로벌 경기침체 등으로 어려움을 겪고 있다. 또한, 기아가 장기화 되고 있는 지역들의 경우, 다른 지역에 비해 기아비율이 3배 이상 높으며 이들 국가에 대한 대책이 필요한 실정이다(The State of Food insecurity in the World 2015).

이와 같이 개별국가는 각 국가가 처한 상황에서 최선의 방안을 찾고자 하며 이를 해결해가고 있는 국가와 그렇지 못한 국가가 존재한다. 더불어 개별국가는 각 국가의 식량안보를 지키기 위해 국가별 중점을 두는 부문이 있으며 그 차이는 확연히 드러난다. 안병일 외(2012)에서 개별 국가적 차원에서의 식량안보에 대한 시각을 논의하였고 <표 2-1>로 경제발전과 식량수출입 유형에 따른 국가별 식량안보를 나타내었다.



<표 2-1> 경제발전과 식량수출입 유형에 따른 국가별 식량안보

	식량수출국	식량수입국
선진국	자국 내 저소득층이 충분한 식량에 접근할 수 있도록 경제적, 제도적 장치를 마련하는데 초점 (예: 미국, 캐나다, 뉴질랜드)	물리적인 식량접근성을 확보하기 위해 식량자급률 유지가 목표임 (예: 일본, 한국, 대만)
개도국	식량안보에 대한 특별한 강조점을 찾아보기 어려움 (예: 동남아 국가)	빈곤층의 기아문제에 초점 (예: 사하라 이남의 아프리카 국가)

선진국인 식량 수출국의 입장에서 볼 때에는 국가 전체적으로 물리적인 식량 확보가 큰 문제가 되지 않기 때문에 자국 국민들 중 저소득층이 충분히 식량을 확보할 수 있는 경제적 조건이 마련되어 있는가에 관심이 많다. 따라서 저소득층의 영양상태 조사 혹은 다양한 저소득 식품지원 프로그램이 식량안보라는 개념에서 추진되고 있다.

선진국인 식량 수입국은 경제력이 충분하기 때문에 식량을 해외에서 수입하는 데에 따르는 경제적인 제약은 거의 없다고 할 수 있다. 따라서 곡물수출국들의 금수조치, 기상이변 등으로 인한 생산량 급감에 따른 국제 곡물시장에서의 수급 괴리 등의 국제 곡물시장에 효과적으로 대응하기 위해서 물리적인 식량에의 접근성을 유지 또는 강화하는 것을 식량안보의 주요 목표로 삼고 있다.

반면 개도국인 식량 수출국은 식량 수출이 국가의 대외 무역수지에서 가장 큰 몫을 차지하고 있기 때문에 사실상 자국의 국민들이 식량에의 물리적 경제적 접근이 용이한가라는 데에 관심을 두기 보다는, 어떻게 하면 국내의 식량생산기반을 유지하여 보다 높은 가격으로 식량을 수출할 수 있을 것인가에 주요 관심을 두고 있다. 이러한 관심사항은 이들 식량 수출국들로 하여금 OPEC과 같은 쌀 수출국기구(Organization of Rice Ex-ported Countries(OREC))를 설립할 것을 제안하는 단계에 이르게 하였다.

식량을 수입하는 개도국은 사실상 세계 최빈국의 나라들로써, 자국 국민들의 상당수가 기아로부터 해방되도록 하는 것을 일차적인 목표로 삼고 있는 실정이다. 이들 국가는 해외에서 식량을 구매할 수 있는 능력이 현저히 떨어지기 때문에 기아문제에 대한 해결책을 상당수 FAO와 같은 국제기구 혹은 선진국으로부터의 원조에 의존하고 있는 실정이다.

이처럼 식량안보에 대한 인식은 개별국가에 처한 현실에 따라 다르며 국제 곡물시장에서의 가격 불안정성의 증가는 식량안보의 중요성을 다시 한 번 각인시키는 계기가 되었다. 또한, 국제기구에서도 식량가격의 등기는 저개발국의 기아문제 해결에도 매우 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상하고 있어 국제공조를 통한 식량가격 등기 혹은 불안정 억제를 요청하고 있는 중이다(FAO et al., 2011).

## 제 2 절 에너지안보 현황

1970년대, 1980년대 두 차례에 걸친 ‘오일 쇼크(oil shock)’로 지칭되는 에너지 파동을 겪으면서 에너지가 경제에 치명적 손상을 미칠 수 있다는 경험을 하였다. 최근에도 에너지를 둘러싼 새로운 에너지 자원 확보 경쟁이 정치적 쟁점으로 부각되고 있으며 미국과 중국, 일본 등의 주변 강대국들은 산유국과의 협력체계 구축 등의 평화적 수단과 이라크사태와 같은 전쟁수행 등의 군사적 수단을 동원하여 에너지 자원을 확보하기 위한 노력을 하고 있다.

또한, 급속한 경제성장으로 중국이 식량소비와 마찬가지로 에너지 소비의 ‘블랙홀’로 등장하면서 각국의 에너지 확보 전선에 비상이 초래되고 있는 양상을 보이고 있다. 키신저(Henry A. Kissinger), 전 미국 국무장관은 “향후 지구촌에서 가장 발생 가능성이 큰 분쟁은 화석연료를 둘러싼 갈등이며, 이미 세계는 그 갈등의 입구에 들어와 있다”고 하였다. 이처럼 경제력이 국력의 필수요건인 시대에 동력원인 에너지를 안정적으로 확보하는 것은 경제성장 뿐만 아니라 국가생존에도 핵

심적인 현안이다.

에너지 자원 중 가장 핵심 자원으로 볼 수 있는 석유의 경우, 자원이 특정 국가에 한정되어 있으며 그 격차도 크다. 세계 석유매장량 순위는 <표 2-2>에 정리되어 있다. 2011년 확인된 석유매장량은 1조 4747억 배럴(bbl)로, 에너지수요, 매장량의 추가확인, 대체에너지 개발 등 변수에 따라 가채연수는 변할 수 있지만 전 세계에서 37.5년간 사용가능하다고 전망하고 있다(CIA). 사우디아라비아가 262,600백만 배럴로 가장 많은 석유를 매장하고 있는 것으로 나타났으며 뒤를 이어 베네수엘라, 캐나다, 이란 순으로 석유를 보유하고 있는 것으로 나타났다. 우리나라는 석유매장량이 없어 원유수입에 의존하고 있는 실정이다.

<표 2-2> 세계 석유매장량 순위(2011)

순위	국가명	배럴(백만)	순위	국가명	배럴(백만)
1	Saudi Arabia	262,600	21	Malaysia	5,800
2	Venezuela	211,200	22	India	5,682
3	Canada	175,200	23	Norway	5,670
4	Iran	137,000	24	Oman	5,500
5	Iraq	115,000	25	European Union	5,193
6	Kuwait	104,000	26	Sudan	5,000
7	United Arab Emirates	97,800	27	Egypt	4,400
8	Russia	60,000	28	Indonesia	3,990
9	Libya	46,420	29	Australia	3,318
10	Nigeria	37,200	30	Yemen	3,000
11	Kazakhstan	30,000	31	United Kingdom	2,858
12	Qatar	25,380	32	Argentina	2,505
13	United States	20,680	33	Syria	2,500
14	China	14,800	34	Gabon	2,000
15	Brazil	12,860	35	Colombia	1,900
16	Algeria	12,200	36	Congo, Republic of the	1,600
17	Mexico	10,420	37	Mongolia	1,562
18	Angola	9,500	38	Chad	1,500
19	Azerbaijan	7,000	39	Brunei	1,100
20	Ecuador	6,510	<b>101</b>	<b>Korea</b>	<b>0</b>

석유자원과 함께 또 다른 주요 에너지자원으로는 천연가스가 있다. <표 2-3>은 세계 천연가스매장량을 나타내며 천연가스 역시 석

유와 마찬가지로 특정국가에 밀집되어 있는 것을 볼 수 있다. 2011년 확인된 천연가스매장량은 186조 8480억 입방미터(m<sup>3</sup>)로 현재의 수요나 에너지 소비량을 대입해보면 앞으로 50년에서 70년간 사용할 수 있는 에너지양이다. 세계에서 가장 많은 천연가스매장량을 기록한 국가는 러시아(44조 8천억 입방미터)로 전 세계 천연가스매장량의 1/4을 차지하고 있다. 러시아는 넓은 국토면적만큼이나 천연가스를 비롯해 자원부국이며 최근 수출량도 급등하면서 수입국에 대한 영향력도 커지고 있다. 실제로 의존도가 높은 유럽 국가들은 러시아와 우크라이나 사이의 분쟁에 가스관이 단히자 난방이 끊기는 등 국가위기를 선포하기도 했으며 이후 유럽 국가들은 러시아의 수입의존도를 낮추기 위한 정책을 강구하고 있다. 우리나라는 석유매장량은 없지만 천연가스는 50억 입방미터를 보유하고 있는 것으로 알려져 있다.

<표 2-3> 세계 천연가스매장량 순위(2011)

순위	국가명	입방미터 (백만)	순위	국가명	입방미터 (백만)
1	Russia	44,800,000	21	Canada	1,754,000
2	Iran	29,610,000	22	Libya	1,548,000
3	Qatar	25,470,000	23	Netherlands	1,387,000
4	Saudi Arabia	7,807,000	24	Ukraine	1,104,000
5	United States	7,716,000	25	India	1,074,000
6	Turkmenistan	7,504,000	26	Azerbaijan	849,500
7	United Arab Emirates	6,453,000	27	Oman	849,500
8	Nigeria	5,292,000	28	Pakistan	840,200
9	Venezuela	5,065,000	29	China	800,000
10	Algeria	4,502,000	30	Bolivia	750,400
11	Iraq	3,170,000	31	Yemen	478,400
12	Australia	3,115,000	32	Trinidad and Tobago	408,200
13	Indonesia	3,115,000	33	Brunei	390,800
14	Kazakhstan	3,001,000	34	Argentina	378,800
15	Malaysia	2,407,000	35	Colombia	377,000
16	Egypt	2,400,000	36	Brazil	366,400
17	European Union	2,186,000	37	Peru	345,500
18	Norway	2,168,000	38	Mexico	338,800
19	Uzbekistan	1,841,000	39	Thailand	312,200
20	Kuwait	1,798,000	<b>66</b>	<b>Korea</b>	<b>50,000</b>

에너지를 둘러싼 국가 간의 경쟁은 한층 가속화되고 있으며 이는

기본적으로 급증하는 수요를 공급이 안정적으로 받쳐주지 못하기 때문이다. 특히, 지구상에 매장된 화석연료는 제한적이며 에너지 공급부족 시대가 현실화 될 수 있다는 위기의식은 에너지 확보를 향한 국가 간 경쟁을 불러와 자원으로 인한 마찰이 세계적으로 증가되고 있다.

이와 같은 현실에서 우리나라와 같이 국제 에너지 시장의 변화에 민감하게 영향을 받는 구조를 가진 국가들은 에너지 시장의 다변화 및 에너지자급률을 높이기 위한 해외자원개발 투자에 적극적인 참여를 추진하고 있다. 그러나 이들 정책은 한계를 가질 수밖에 없으며 수급 안정망에 대한 체계적인 관리와 지속가능한 에너지 생산을 위한 방안 마련이 시급한 실정이다.

### 제 3 절 식량안보와 에너지안보의 관계

제한된 에너지 자원과 지구온난화에 대처하기 위한 대책으로 옥수수, 콩, 사탕무 등을 이용한 바이오에너지의 사용 확대가 주목 받게 됨에 따라, 이는 식량 재배면적과 공급을 감소시켜 곡물가격을 상승시키고, 식량안보를 위협하는 부작용을 낳고 있다. 2008년의 곡물가격 폭등의 한 원인이 이와 같은 곡물의 에너지용 수요와 식량수요 간의 경쟁이 심화되어 나타난 결과로 볼 수 있으며 농지를 식용 생산 대신 바이오연료 생산용으로 전용하게 하고 있다. 기술적인 측면에서 에너지 산출을 위해 투여되는 원자재의 양이 전체 곡물, 즉 식량 시장에 타격을 줄 정도로 확대될 경우, 식량 및 에너지안보 관계에 있어 불균형<sup>1)</sup>을 낳을 수 있다.

또한, 곡물가격의 상승은 열대지역에 있어서 산림용지를 농경지나 바이오연료 생산용지로의 전환을 촉진시켜 지구의 이산화탄소 흡수 능력을 약화시키고, 생물다양성을 파괴시키고 있다는 지적이 제기되고 있다(Fargione et al., 2008). 바이오 연료 생산 확대 정책은 에너지

---

1) 에너지안보를 추구하는 과정에서 식량안보의 문제를 야기하는 것을 의미한다.

공급량 확대라는 목적은 달성할 수 있을지는 모르지만, 한편으로는 생태계 파괴를 가져와 한파와 홍수, 태풍 등 기상이변으로 인한 외부 불경제 효과가 나타나 전 세계 농업은 큰 피해를 받을 수 있다.

이러한 것들을 종합해보면, 곡물을 사용하지 않는 대체에너지를 개발하거나 곡물을 대체에너지 생산에 활용한다고 했을 때, 먼저 생산 효율성을 높이는 기술개발에 대한 투자가 선행 될 필요가 있다. 현재의 기술수준 하에서 대체에너지 생산의 효율성은 높지 않아 효율성 개선이 선행되지 않고 생산이 이루어진다면 식량안보와 에너지안보 간의 불균형은 지속될 가능성이 높다.

# 제 3 장 분석모형 및 자료

## 제 1 절 분석 모형

### 1. 분석대상 국가들의 식량 및 에너지자급률 수준의 분포 파악

확률분포 또는 확률밀도함수를 비모수적인 접근법<sup>2)</sup>으로 나타내는 방법으로 히스토그램과 비모수적 커널분포함수가 많이 사용된다. 히스토그램을 이용하여 추정되는 확률밀도함수는 이산적(discrete) 추정치라는 단점을 가지고 있지만, 비모수적 커널함수는 함수형태를 가정하지 않고서도 연속적인 확률밀도함수 추정이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 비모수적 커널분포함수 추정법을 이용하여 식량자급률과 에너지자급률의 연대별 분포 변화를 분석하였다.

확률변수의 벡터  $X$ 가 특정값  $x$ 를 가질 확률밀도함수는 식(1)과 같다. 여기서  $J$ 는 관측치 수이고,  $h$ 는 대역너비(bandwidth) 파라미터로 커널이 뾰족한 형태( $h$ 가 작은 값)인지 완만한 형태( $h$ 가 큰 값)인지를 조절한다.  $K$ 는 커널 가중 함수를 의미한다.

$$(1) f(x) = \frac{1}{Jh} \sum_{i=1}^J K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

---

2) 비모수접근법이란 어떤 함수에 대한 사전적인 가정에서 벗어나 자료로부터 이를 추정하는 방법으로 실험자가 사전에 가하는 가정으로부터 발생할 수 있는 모형 설정의 오류를 피할 수 있는 방법이다.

## 2. 개별 국가의 특성을 살린 유형화를 위해 요인분석과 군집분석을 실시

개별 국가의 특성을 살린 유형화를 위해선 우선적으로 의미 있는 변수들 간의 요인분석이 이루어져야 한다. 요인분석이란 알지 못하는 특성을 규명하기 위하여 문항이나 변인들 간의 상호관계를 분석하여 상관이 높은 문항이나 변인들을 묶어서 몇 개의 요인으로 규명하고 그 요인의 의미를 부여하는 통계방법이다.

$$(2) X - \mu = \lambda F + \epsilon$$

$$\text{Var}(X_i) = \sigma_{ii} = [\lambda_{i1}^2 + \lambda_{i2}^2 + \dots + \lambda_{im}^2] + \Phi_i = h_i^2 + \Phi_i$$

$$\text{Cov}(X_i, X_j) = \Phi_{ij} = \Phi_{ji} = \lambda_{i1}\lambda_{j1} + \lambda_{i2}\lambda_{j2} + \dots + \lambda_{im}\lambda_{jm}, \quad i \neq j$$

$$\text{Corr}(X_i, F_j) = \frac{\text{Cov}(X_i, F_j)}{\sqrt{\text{Var}(X_i)} \sqrt{\text{Var}(F_j)}} = \lambda_{ij}$$

여기서  $F_{m \times 1}$ 은 공통인자,  $\epsilon_{p \times 1}$ 은 특수인자 벡터이며  $\lambda_{p \times m}$ 은 인자 적재 행렬을 의미한다.  $h_i^2$ 는  $X_i$ 의 공통분산,  $\Phi_i$ 는 특수분산, 그리고  $\lambda_{ij}$ 는  $X_i$ 와  $F_j$ 의 상관계수이다.

다음은 이렇게 규명된 요인을 중심으로 군집분석이 이루어진다. 군집분석이란 각 대상의 유사성을 측정하여 유사성이 높은 대상 집단을 분류하고, 군집에 속한 객체들의 유사성과 서로 다른 군집에 속한 객체 간의 상이성을 규명하는 통계 기법이다.

$$(3) E = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} (p - m_i)^2$$

$E$ 는 데이터베이스에서 모든 객체들의 제곱오차를 합한 것이며  $p$ 는 주어진 객체를 뜻하는 공간의 점,  $m_i$ 는 군집  $C_i$ 의 평균을 의미한



다. 분석절차는 군집의 평균이나 중심 값으로 객체들에서  $k$ 를 임의로 추출하고 남겨진 객체들은 객체와 군집 평균에 기초하여 가장 가까운, 유사한 군집에 할당이 된다. 다음으로 각 군집 내에서 새로운 평균을 구하게 되고 위의 과정을 임계값이 기준함수가 수렴할 때까지 반복한다.

### 3. 자료포락분석을 통한 국가의 생산 효율성 분석

국가나 개별 경영주체의 효율성을 보기 위해선 자료포락분석(DEA)이 많이 이루어진다. 자료포락분석이란 선형계획법에 근거한 효율성측정방법으로, 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수를 추정하는 것이 아니고 일반적으로 생산가능집합에 적용되는 몇 가지 기준 하에서 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어를 평가대상으로 비교하여 평가대상의 효율치를 측정하는 비모수적 접근 방법이다. 본 연구에서는 생산가능집합에서 산출의 수준을 고정시킨 채 투입을 최대한 줄일 수 있는 비율을 도출하기 위해 투입기준을 중심으로 효율성을 측정하고자 한다.

모든 DEA 모형은 생산가능집합을 정의하는 것으로부터 시작되며 생산가능집합에 대한 가정에 따라 다양한 DEA 모형이 탄생된다. 따라서 생산가능집합의 개념을 먼저 소개하고, 이 집합이 갖추어야 할 공리(axiom)에 대해 살펴본다.

#### 1) 생산가능집합

특정한 수준의 투입으로 특정한 수준의 산출을 만들어 낼 수 있다면, 이 투입과 산출의 조합은 ‘생산가능(producing)’하다고 한다. 생산가능한 투입/산출의 조합들을 모두 모아 놓은 것을 생산가능집합(production possibility set)이라고 한다. 투입요소는  $(N \times 1)$ 차원의 행벡터로서  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in R_+^N$  이고, 산출요소는  $(M \times 1)$ 차원의 행벡터로서

$y = (y_1, y_2, \dots, y_N) \in R_+^M$  이다. 이때 생산가능한 모든 투입산출들의 조합은 생산가능집합이라 하고  $P(x, y)$ 와 같이 나타낸다. 생산가능집합은 투입요구집합(input requirement set), 산출가능집합(output possibility set)으로도 표현이 가능하다. 투입요구집합이란 특정한 수준의 산출물을 가능하도록 하는 모든 투입량들의 집합을 의미하며 식 (4)는  $\bar{y}$  산출에 대한 투입요구집합(input requirement set)을 나타낸다.

$$(4) L(x|\bar{y}) = [x \in R_+^N | \bar{y} \in P(x, y)]$$

산출가능집합은 반대로 특정한 수준의 투입으로 생산이 가능한 모든 산출량들의 집합을 의미한다.

$$(5) Y(y|\bar{x}) = [y \in R_+^M | \bar{x} \in P(x, y)]$$

이처럼 생산가능집합은 모든 산출에 대한 투입요구집합을 더한 것 혹은 모든 투입에 대한 산출가능집합을 더한 것으로 표현가능하다.

## 2) 생산가능집합의 성질

다음은 생산가능집합의 몇 가지 기본적인 성질을 알아본다. 자유가처분성(free disposability)은 어떤 투입과 산출이 생산 가능한 조합일 때, 그 보다 많은 투입이나 적은 산출을 가진 투입산출조합 또한 생산 가능하다는 것을 의미한다. 이는 다음과 같이  $(x, y)$ 가 생산 가능하다면,  $\hat{x} \geq x$ 이고  $\hat{y} \leq y$ 를 만족하는 모든  $(\hat{x}, \hat{y})$  역시 생산 가능하다고 표현될 수 있다. 산출수준이 동일한데도 불구하고 투입이 많거나, 투입수준이 동일한데도 불구하고 산출이 적은 것은 비효율적이다. 하지만 이와 같은 조합은 생산이 불가능한 것은 아니기 때문에 자유가처분성은 상식적인 선에서 납득가능하다.

볼록성(Convexity)은 어떤 두 개의 투입산출조합이 생산가능하다면, 두 관측치의 선형으로 조합된 내분점 역시 생산 가능하다는 것으로 이는 임의의  $(x^a, y^a)$ 와  $(x^b, y^b)$ 가 생산 가능한 점이라면,  $\lambda$ 가 0과 1사이의 실수라고 할 때  $\lambda(x^a, y^a) + (1-\lambda)(x^b, y^b)$  역시 생산가능하다는 것을 의미한다.

불변규모수익(Constant Returns to Scale; CRS)은 어떤 관측치가 존재할 때 그 관측치를 동일비율로 확장하거나 축소한 점은 모두 생산 가능하다는 것을 의미한다. 이는 임의의  $(x, y)$ 가 생산 가능한 점이고  $\lambda$ 가 0보다 큰 실수라고 할 때,  $\lambda \cdot (x, y)$  역시 생산 가능하다는 것이다.

불변규모수익이 성립하지 않는다고 하면, 규모의 경제성(Increasing Returns to Scale; IRS)이나 규모의 불경제성(Decreasing Returns to Scale; DRS)이 존재한다는 것을 의미한다. 규모의 경제성은 모든 투입을 1% 늘릴 때 모든 산출이 1% 이상 늘어나는 경우를 의미하고, 규모의 불경제성은 반대로 모든 투입을 1% 늘릴 때 모든 산출이 1% 이하로 늘어나는 경우를 일컫는다. 가변규모수익(Variable Returns to Scale; VRS)은 규모의 경제성이나 규모의 불경제성을 내포한다.

### 3) 생산가능집합의 표현

앞서 언급한 생산가능집합과 생산가능집합의 가정을 이용하여 생산가능집합은 수리적으로 표현될 수 있다.  $M$ 종류의 투입과  $N$ 종류의 산출이 있다고 하고,  $J$ 개의 관측치가 있다고 할 때 자유가치분성을 만족하는 생산가능집합( $P^D(x, y)$ )은 다음과 같이 표현된다.

$$(6) \quad P^D(x, y) = [(x_1, \dots, x_M, y_1, \dots, y_N) | x_m \geq x_m^j (m = 1, 2, \dots, M); \\ y_n \leq y_n^j (n = 1, 2, \dots, N); \\ (j = 1, 2, \dots, J)]$$

위의 생산가능집합에 볼록성의 가정을 추가하면 다음과 같은 가변 규모수익을 만족하는 생산가능집합을 얻는다.

$$(7) \quad P^{VRS}(x, y) = [(x_1, \dots, x_M, y_1, \dots, y_N) | x_m \geq \sum_{j=1}^J \lambda^j x_m^j (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n \leq \sum_{j=1}^J \lambda^j y_n^j (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1; \lambda^j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, J)]$$

위 수식은 관측치들 간의 선형내분 조합된 점들이 생산가능집합을 구성한다는 것을 의미한다.  $\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1; \lambda^j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, J)$  조건에 의해  $\lambda^j$ 들의 합은 항상 1이므로 관측치들 간의 선형내분 조합만이 가능하다. 따라서 식 (7)에서 표현된 생산가능집합은 가변규모수익을 만족한다.

#### 4) 투입기준 CRS 모형

생산가능집합이 주어지면, 생산가능집합 내에서 산출수준을 변화시키지 않으면서 투입수준을 얼마만큼 줄일 수 있는지를 비효율성 지표로서 정의할 수 있다. 비효율성 지표와 효율성 지표의 합은 항상 1이므로, 효율성 지표를 계산하면 비효율성을 제거하기 위한 투입수준의 변화량을 알아낼 수 있다. 이와 같이 투입수준의 비효율성을 제거하는 과정을 고려한 모형을 투입기준 CRS 모형이라 한다. 우선  $i$ 번째 관측치가 불변규모수익을 만족하는 생산가능집합에 속하기 위한 조건은 다음과 같다.

$$(8) \quad x_m^i \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^i \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\lambda^j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, J)$$

i번째 관측치가 생산가능집합에 속해 있다는 전제하에 이 관측치의 효율성 정도는 산출을 고정시킨 채 투입을 최대한 줄일 수 있는 비율로서 표현된다. 이를 수식으로 제시하면 다음과 같다.

$$(9) \quad \theta^{i*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^i$$

subject to

$$\theta^i x_m^i \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^i \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\lambda^j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, J)$$

이 모형은 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 제약식의 부등호들은 평가대상인 i번째 관측치가 투입을 줄인다고 하더라도 생산가능집합에 여전히 포함되어 있어야 한다는 것을 나타내고 있다. 둘째, 생산가능집합을 벗어나지 않는 범위에서 투입을 최대한 줄이는 것을 목표로 한다. 투입을 가장 많이 줄였을 때, 원래 투입량과 줄어든 투입량의 비율을 효율성 값으로서 간주한다. 따라서 위의 모형을 투입 기준 모형이라 한다. 셋째, 모든 투입종류에 대해 같은 실수 값을 곱하여 줄여나가기 때문에 i번째 관측치에 대해 모든 투입요소들은 같은 비율로 줄여나갈 수 있는 공통된 비율 값을 찾는다.

## 5) 투입기준 VRS 모형

생산가능집합의 공리 중에서 불변규모수익 가정을 만족하지 않는다고 하면 가변규모수익을 만족하는 생산가능집합을 얻게 된다. 가변규모수익을 만족하는 생산가능집합에 대해 투입기준 효율성 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 (10) \quad & \theta^{i*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^i \\
 & \text{subject to} \\
 & \theta^i x_m^i \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M); \\
 & y_n^i \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N); \\
 & \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1; \\
 & \lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J)
 \end{aligned}$$

이 모형에서는 불변규모수익 하의 제약식에  $\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$ 라는 조건이 추가되어 있다. 이 조건이 있기 때문에 관측치 혹은 관측치들을 선형내분으로 조합한 점을 무한히 축소하거나 확장하는 것을 허용하지 않는다. 대신 관측치들 간의 내분점 및 자유가처분성을 만족하는 점들만이 생산 가능한 것으로 인정된다.

## 제 2 절 분석 자료

본 연구에서는 국가특성을 살린 군집분석을 위해 주요 89개국을 대상<sup>3)</sup>으로 유형화에 도움이 되는 변수를 선정하였다. 분석을 위한 변수로는 개별 국가의 식량 및 에너지안보 상황을 보여주기 위해 연도별 생산량 및 공급량(소비량)을 이용하여 구한 자급률과 함께 세계에서 차지하는 개별 국가의 식량 및 에너지생산량의 비율을 고려하기 위해 국가별 1인당 식량 및 에너지생산량<sup>4)</sup> 자료도 포함하였다. 그 외 개별 국가의 특성을 보여주기 위해 국가별 생산력 정도를 나타낼 수 있는 변수인 학교등록률, 1인당 GDP, 농촌인구비율 등을 이용하였고 물가변동수준을 통해 각 국가의 경제 변화수준을 반영하고자 하였다.

<표 3-1>은 분석에 사용된 변수의 기초통계량을 나타낸다. 식량 자급률은 85.3%로 평균적으로 자급 수준(100%)을 유지하지 못하는 것으로 나타났으나 에너지자급률은 143.7%로 자급률 수준을 넘는 것을 확인할 수 있다. 그러나 표준편차를 보면, 식량자급률에 비해 훨씬 에너지자급률의 표준편차가 훨씬 크며 이는 국가별 에너지자급률의 편차가 큰 것을 의미한다.

- 
- 3) 순자본소득 자료가 2007년까지 이용 가능하여 분석기간은 2001-2007년으로 하였다.  
4) 같은 자급률이라 하더라도 식량 및 에너지생산량이 높은 국가의 자급률과 식량 및 에너지생산량이 낮은 국가의 자급률을 동일한 것으로 보기는 힘들다. 본 연구에서는 국가별 1인당 생산량을 요인에 포함시킴으로써 가중치를 부여해주어 규모도 일정부분 고려하고자 하였다.

<표 3-1> 요인 변수의 기초통계량

구분	단위	평균 (2001-2007)	표준편차 (2001-2007)
식량자급률	%	85.30	43.50
에너지자급률	%	143.70	200.70
곡물자급률	%	78.48	50.97
물가지수(CP)	%	5.25	4.60
물가지수(GDP deflator)	%	6.60	5.90
명목 1인당 GDP	US\$	10653.64	13905.68
실질 1인당 GDP	US\$	8321.16	10801.42
경제성장률(GDP growth)	%	4.54	2.16
중학교 등록률	%	78.60	28.23
중등 교육년수	년	2.67	1.34
농촌 인구비율	%	40.51	20.64
1인당 곡물생산량	ton	0.31	0.34
1인당 식량생산량	ton	0.40	0.39
1인당 에너지생산량	1000 toe	3.69	8.88

자료: World bank, FAO

또한, 국가별 생산의 효율성을 추정하기 위해 식량과 에너지 생산에 영향을 미칠 수 있는 변수를 선정하였다. <표 3-2>는 분석에 사용된 투입물( $x$ )과 산출물( $y$ )로, 식량 생산부문과 에너지 생산부문으로 나누어 분석에 이용하였다.



<표 3-2> 투입요소 변수와 산출물 변수

투입요소 변수	산출물 변수
1. 토지( $x_1$ ) 2. 노동( $x_2$ ) 3. 자본( $x_3$ ) 4. 비료사용량( $x_4$ ) 5. 곡물수입량( $x_5$ )	1. 식량생산량( $y_1$ )
1. 석유매장량( $x_6$ ) 2. 천연가스매장량( $x_7$ ) 3. 노동 <sup>2</sup> ( $x_8$ ) 4. 자본 <sup>2</sup> ( $x_9$ ) 5. 바이오에너지( $x_{10}$ ) 6. 원유수입량( $x_{11}$ )	2. 에너지생산량( $y_2$ )

우선 식량 생산에 사용되는 투입변수를 보면, 토지( $x_1$ )는 경지면적(arable land), 다년생 작물 재배면적(permanent crops), 목초지(permanent meadows and pastures)면적의 합을 의미하며 노동( $x_2$ )은 농업, 임업, 수렵 또는 어업에 종사하는 모든 경제 활동인구를 의미한다. 순자본스톡( $x_3$ )은 작물(Crop)과 동물 사육활동(Animal husbandry)에 활용되는 자본금으로, 자본스톡의 구성은 <표 3-3>에 정리되어있다. 비료사용량( $x_4$ )은 경작지 단위 당 사용되는 식물 영양소의 비율을 의미하며 이때 비료<sup>5)</sup>는 질소, 칼륨, 그리고 인산이 포함된다. 곡물수입량( $x_5$ )은 곡물수입량 중 동물 사육과 종자 생산을 위해 재투입되는 수입량<sup>6)</sup>만을 고려하였다.

5) 전통적인 비료인 동물과 식물의 분뇨는 분석에 포함되지 않았다.

6) 국내에 수입되는 곡물은 식품 생산에 투입되어 소모 되거나 종자 또는 가축의 먹이 등으로 재활용될 수 있는데 본 연구에서는 종자 또는 사육을 위해 이용되는 수입량만을 이용하였다.

<표 3-3> 순 자본스톡 구성

Land Development	Livestock (Fixed assets and inventory)	Machinery and equipment	Structures for livestock
Arable Land	Cattle and buffalo	Tractors	Animals
Permanent crop land	Sheep	Harvesters	Poultry(birds)
Irrigated land	Goat	Milking machines	
Plantation crops	Pigs Horse Camels Mules Poultry	Hand tools	

주 1: 토지 개발(Land Development) =  $\Sigma\{(경작지) \times (단가) + (관개 토지) \times (단가)\}$

주 2: 농장 작물(Plantation crops) =  $\Sigma\{(영구 작물에서 토지) \times (단가)\}$

주 3: 가축의 총 가치(Total value of livestock) = 농업 생산을 위해 사용되는 가축 + 재고를 위해 유지되는 가축 =  $\Sigma\{(i \text{ 가축의 단가}) \times (i \text{ 가축의 수}) \times (\text{농업에서 가축이 차지하는 비율} = 0.6245) + \text{재고로 유지} (j \text{ 가축의 수}) \times (j \text{ 가축의 단위 가격})\}$

주 4: 기계 및 장비(Machinery and equipment) =  $\Sigma\{(i\text{용 기계 수})(i\text{에 대한 기계의 단가}) + (\text{농업 경제 활동 인구}) \times \text{미국\$35}\}$

자료: FAO

에너지 생산 부문에 투입되는 변수를 보면, 석유매장량( $x_6$ )과 천연가스매장량( $x_7$ )은 에너지 생산에서 중요한 역할을 하는 자원으로 농업의 토지와 같은 개념으로 활용되었다. 노동<sup>2</sup>( $x_8$ )과 자본<sup>2</sup>( $x_9$ )은 에너지산업에 종사하는 경제활동 인구나 자본이며 바이오에너지( $x_{10}$ )는 바이오에너지를 생산해 내기 위해 사용되는 에너지 투입량이다. 원유수입량( $x_{11}$ )은 연간 원유수입량을 의미한다.

산출물로는 곡물, 어류, 육류<sup>7)</sup> 생산량의 합인 식량생산량( $y_1$ )과 석유단위로 환산된 에너지생산량<sup>8)</sup>( $y_2$ )을 이용하였다. 효율성 평가를 위해 이용된 투입변수와 산출변수의 기초통계량은 <표 3-4>에 정리되어 있다.

7) 소고기 1kg 생산에는 곡물 7kg, 돼지고기 1kg 생산에는 곡물 3.5kg, 닭고기 1kg 생산에는 곡물 2kg 미만이 소비된다(FAO, agribusiness handbook). 따라서 본 연구에서 육류 생산량은 육류 생산을 위해 사용되는 곡물 소비량을 의미한다.

8) 석유, 천연가스, 고체연료, 가연성 재생에너지 등이 에너지생산량에 포함되었다.

<표 3-4> 효율성 평가를 위한 투입변수와 산출변수의 기초통계량

식량		투입변수					산출변수	
		비료	토지	노동	자본	곡물 수입량	식량 생산량	
전 체	평균	170	431,647	12,518	50,648	1,277	32,699	
	표준편차	275	919,946	59,765	95,146	2,178	89,909	
	최대값	2,232	5,300,000	509,589	576,192	11,778	645,960	
	최소값	2	96	1	69	7	48	
에너지		투입변수					산출변수	
		석유	천연 가스	노동 <sup>2</sup>	자본 <sup>2</sup>	바이오 에너지	원유 수입량	에너지 생산량
전 체	평균	11,972	1,507	2,012	32,412	10,615	167	111,333
	표준편차	42,552	5,805	4,843	90,389	30,340	471	269,450
	최대값	260,000	45,000	32,000	742,595	211,626	3,400	16,540,83
	최소값	0	0	1	55	0	0	0

주 1: 석유매장량과 천연가스매장량의 자료는 2011년 미 중앙정보국 CIA에서 발표한 The World Factbook에서의 자료이며 단위는 석유매장량은 100만 배럴(bbl), 천연가스매장량은 10억 입방미터이다.

주 2: 노동력, GDP, 에너지생산량의 단위는 각각 1,000명, 100만 달러, 1000toe<sup>9)</sup>이다.

주 3: 농지 및 노동력 곡물·어류·육류 생산량의 단위는 각각 1,000ha, 1,000명, 1,000ton이다.

9) TOE(Ton of Oil Equivalent)는 국제에너지기구(IEA)에서 정한 단위로 석유 환산톤을 의미한다.

## 제 4 장 분석결과

본 장에서는 앞 장에서 언급한 자료들을 이용하여 분석대상 국가들의 식량 및 에너지자급률의 분포를 알아보고 국가 유형별 생산의 효율성을 분석하였다. 국가별 생산의 효율성을 분석하기 위해 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 사용하였으며 생산효율성을 국가별로 측정하고 그 결과를 비교하였다. 다음으로 생산구조성격이 서로 다른 국가를 동시에 평가하면 극단적으로 생산효율성이 낮은 국가가 생기고 평가자체가 비현실적일 가능성이 있기 때문에 군집분석(Cluster Analysis)을 이용하여 유사한 생산구조성격을 가지고 있는 국가별로 분류한 다음 분류된 군집별로 DEA기법을 적용하여 생산효율성을 측정하였다. 마지막으로, 비효율적인 국가들을 대상으로 참조집합을 활용하여 벤치마킹 국가를 설정하였다.

### 제 1 절 분포함수 추정

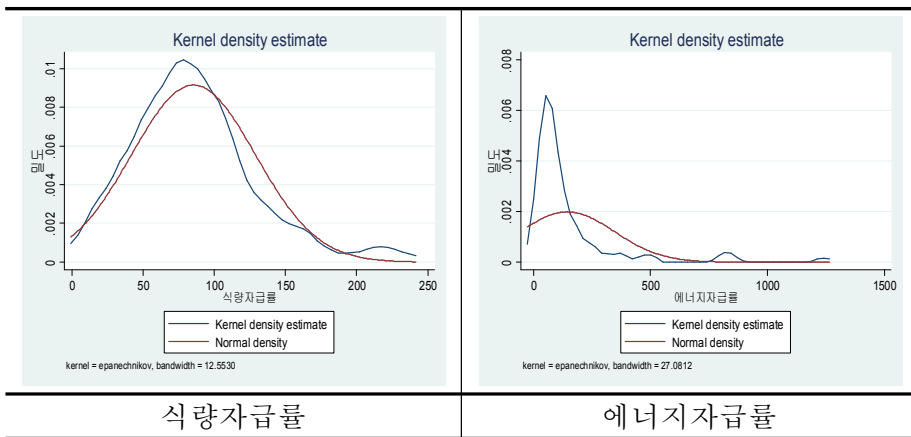
<그림 4-1>은 식량 및 에너지자급률을 비모수적으로 추정한 커널 분포함수와 정규분포함수의 결과를 보여준다. 식량자급률의 평균값은 85.3%로 자급 수준을 의미하는 100%에 미치지 못하고 있으며 중간값 81.4%, 왜도 0.91, 첨도 4.26에서 볼 수 있듯이 분포가 고르지 않고 기울어져 있음을 확인할 수 있다. 에너지자급률의 경우, 평균값은 143.7%로 자급수준을 넘어서는 것으로 보이나 중간값 79.8%, 왜도 3.31, 첨도 15.14로 식량 자급률의 분포보다 더 기울어져 있음을 확인할 수 있다. 이 원인은 핵심 에너지원인 석유와 천연가스 생산이 몇몇 산유국에 집중되어 있고, 대부분 국가는 석유 및 천연가스를 수입에 의존하고 있어 에너지자급률의 국가별 편차가 크기 때문이다. 이를

종합해 보면 식량 및 에너지자급률은 절대 값도 낮을 뿐만 아니라 분포 역시 고르지 않다고 볼 수 있다. 또한, 기후변화 및 정치적인 이슈가 잦은 현시점에서 식량 및 에너지 안보에 대한 대비가 필요함을 보여준다.

<표 4-1> 기간별 식량자급률의 기본 통계치

	평균값 (Mean)	중간값 (Median)	표준편차 (S.D)	왜도 (Skewness)	첨도 (Kurtosis)	표본수
식량 자급률	85.3	81.4	43.6	0.91	4.26	89
에너지 자급률	143.7	79.8	200.7	3.31	15.14	89

<그림 4-1> 국가 기준 식량자급률 분포



주 1: 식량공급량으로 가장 평균한 각국의 자급률을 이용함.  
 주 2: 에너지소비량으로 가장 평균한 각국의 자급률을 사용함.

## 제 2 절 요인분석 및 군집분석

요인은 주축인자법(principal axis factoring)으로 추출하였고 요인의 수는 고유벡터의 크기가 변하는 비율을 의미하는 고유값

(eigenvalue) 1을 기준으로 정하였다. <표 4-2>는 배리맥스 회전한 요인 값을 크기순으로 정리한 표이다. 분석 결과, 전체 요인은 총 4가지로 선정되었고, 요인 1은 5개, 요인 2는 4개, 요인 3은 3개, 요인 4는 2개의 변수와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

먼저 첫 번째 요인은 교육 및 경제력과 관련된 변수, 도시화 정도를 나타내는 변수가 포함되어 있으며 개별 국가의 생산력 수준을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 두 번째 요인은 곡물 자급률과 식량자급률, 1인당 곡물생산량과 식량생산량이 포함되어 가중치가 반영된 식량자급률을 의미한다고 볼 수 있다. 다음으로 세 번째 요인은 물가수준 및 경제 성장률과 관련된 변수들로서 국가경제의 변동성을 나타내고, 네 번째 요인은 에너지자급률과 1인당 에너지생산량이 포함되어 가중치가 반영된 에너지자급률을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

<표 4-2> 요인분석 결과

변수		요인			
		1	2	3	4
생산력	중학교 평균 교육년수	<b>.860</b>	.027	-.021	-.076
	중학교 등록률	<b>.857</b>	.221	-.079	-.001
	1인당 실질 GDP	<b>.765</b>	.210	-.426	.163
	1인당 명목 GDP	<b>.761</b>	.230	-.419	.181
	총락인구비율	<b>-.743</b>	-.127	.048	-.168
식량 자급률	식량자급률	-.001	<b>.902</b>	.021	-.110
	곡물 자급률	.037	<b>.889</b>	.029	-.140
	1인당 곡물생산량	.362	<b>.867</b>	-.055	-.021
	1인당 식량생산량	.427	<b>.836</b>	-.109	.059
경제 변동률	물가수준(GDP deflator)	-.052	-.051	<b>.941</b>	.159
	물가수준(CP)	-.162	.082	<b>.892</b>	-.072
	경제 성장률	-.350	-.075	<b>.454</b>	-.255
에너지 자급률	에너지자급률	-.049	-.172	.020	<b>.904</b>
	1인당 에너지생산량	.232	-.037	-.052	<b>.852</b>

다음은 이렇게 정의된 요인을 중심으로 군집분석을 시도하였다. 요인분석과 군집분석을 동시에 시행하는 비계층적 군집방법을 이용하였

으며, 특히 그 중에서도 계산 속도가 빠르고 대량의 자료에서 군집을 발견하는데 상당히 효과적으로 알려진 k-평균 군집분석(k-means cluster analysis)<sup>10)</sup> 방법을 이용하였다. 군집의 수는 실험을 통해 5개로 결정되었으며, 최종 군집의 결과는 <표 4-3>에 나타나 있다.

군집 1은 생산력은 높으나 식량자급률과 에너지자급률이 모두 매우 낮은 유형으로서 우리나라와 같이 식량 또는 에너지안보 제고가 중요한 중진국 및 선진국의 유형이라고 할 수 있다. 군집 2는 식량자급률은 낮고 에너지자급률이 매우 높은 유형으로 에너지 보유자원이 많은 국가 유형이다. 군집 3은 경제변동률이 매우 높은 유형이며, 군집 4는 생산력이 낮은 국가들의 유형으로 저개발 국가들이 많이 모여 있다. 마지막으로 군집 5는 생산력과 식량자급률이 매우 높은 반면 에너지자급률은 상대적으로 낮은 국가들의 유형으로 볼 수 있다.

<표 4-3> 군집분석 결과

		군집(Cluster)				
		1	2	3	4	5
요인 (Factor)	생산력	.86041	.25621	.50383	-.85234	.91381
	식량자급률	-.60682	-.85347	-.02198	.02110	2.11305
	경제변동률	-.42371	-.28878	2.39040	-.15305	-.37077
	에너지자급률	-.54168	3.04843	-.10081	-.14915	.19248

<표 4-4>는 군집분석결과를 토대로 나뉜 유형별 기초 통계량을 나타낸다. 우리나라가 속해져 있는 군집 1은 생산력 수준이나 교육수준에서는 다른 군집에 비해 높은 면을 보여주나 식량 및 에너지자급률에 있어선 모두 낮은 것을 확인 할 수 있다. 군집 2는 산유국들이 많이 포함되어 있어 1인당 에너지생산량 및 자급률이 매우 높으나 식량생산량과 자급률은 매우 낮은 것을 확인 할 수 있다. 군집 3은 CPI지수, GDP deflator, 경제성장률이 타 군집에 비해 상당

10) Brain(1993)

히 높은 것을 볼 수 있으며 식량자급률에 비해 에너지자급률의 평균이 높은 것을 볼 수 있다. 군집 4는 1인당 GDP와 교육수준을 나타내는 지표들에서 낮은 수치를 나타내고 있으며 식량자급률이 자급수준을 유지하고 있지 못하고 있을 뿐만 아니라 1인당 식량 및 에너지생산량이 높지 않은 것을 확인할 수 있다. 또한, 군집 4는 군집 1과 비교하였을 때, 두 군집 모두 1인당 식량 및 에너지생산량이 높지 않다는 점에서 유사할 수 있으나 경제력에서 큰 차이를 보이므로 조금 더 식량 및 에너지안보 문제에 있어 조금 더 심각한 상황에 처해 있다는 것을 알 수 있다. 군집 5는 1인당 GDP, 교육수준, 1인당 식량 및 에너지생산량 등 모든 측면에서 다른 군집에 비해 앞서 있음을 알 수 있다.

<표 4-4> 유형별 식량 및 에너지자급률 기초통계량

구분	단위	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
곡물자급률	%	54.29	22.76	81.61	80.61	158.13
식량자급률	%	65.09	40.64	84.17	87.97	181.93
에너지자급률	%	60.67	766.84	124.08	113.99	104.33
CPI	%	3.09	0.90	14.86	5.51	3.82
GDP deflator	%	3.35	8.28	19.90	6.03	4.16
경제성장률	%	3.95	3.14	6.36	5.05	2.65
실질1인당GDP	원	15115.65	13261.29	1970.13	1696.83	23326.78
명목1인당GDP	원	19478.31	17563.88	2866.42	2191.43	28693.60
중학교등록률	%	95.65	83.94	78.92	60.08	111.30
중학교교육년수	년	3.65	2.85	3.40	1.64	3.78
총락인구비율	%	28.37	24.94	38.96	55.56	17.77
1인당 곡물생산량	ton	0.25	0.08	0.35	0.22	1.07
1인당 식량생산량	ton	0.36	0.24	0.39	0.27	1.26
1인당 에너지생산량	1000 toe	1.43	26.77	2.83	1.47	5.38

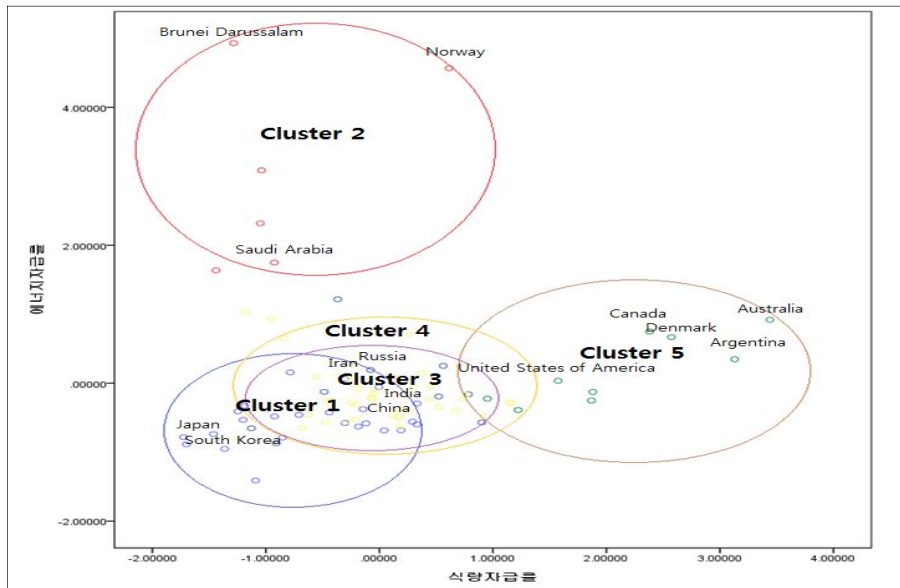
<그림 4-2>는 식량자급률과 에너지자급률을 중심으로 나타낸 군집별 산점도이다. 에너지자급률이 높은 군집 2는 그림의 위쪽에 분포되어 있고 식량자급률이 높은 군집 5는 그림의 우측에 분포되어 있다. 경제변동률이 높은 군집 3과 선진화 및 생산력이 낮은 군집 4는 인자특점 0을 기준으로 고루 분포되어 있고 선진화 및 생산력 수준은



높으나 식량 및 에너지자급률이 낮은 군집 1은 인자득점 0을 기준으로 좌측 아래에 분포되어 있다.

주요 국가를 중심으로 보면, 우리나라와 일본은 식량자급률과 에너지자급률 모두 낮아 가장 좌측아래에 위치하며 안보문제에 있어서 위험한 위치에 처해 있다고 볼 수 있다. 한편, 산유국인 노르웨이, 브루나이는 자급률 수준도 높고 1인당 생산량도 많아 그림에서 높은 위치를 차지하고 있으며 호주와 아르헨티나의 경우, 식량자급률 수준과 1인당 생산량이 많아 그림의 우측에 분포하고 있다.

<그림 4-2> 유형별 산점도 결과



군집분석은 상대적인 요인점수를 이용하여 국가 분류를 하기 때문에 절대적인 기준을 두고 분석 하는데 어려움이 있다. 그래서 본 연구에서는 <표 4-5>를 통해 식량 및 에너지안보를 달성하는 수준을 자급률 100%로 가정하여 군집별 비교 분석해보았다. 자급률 100%를 식량 및 에너지안보 달성 기준으로 하면, 분석에 포함된 89개국 중, 식량 및 에너지자급률 모두 100%가 넘는 국가는 8개 국가로 나타났다. 또한 식량자급률이 100%를 넘는 국가는 16개, 에너지자급률이 100%

를 넘는 국가는 26개 국가, 식량 및 에너지자급률 모두 100%를 넘지 않는 국가는 39개국으로 나타났다.

<표 4-5> 식량 및 에너지자급률 현황(100% 기준)

	식량 자급률 (100%이상)	에너지 자급률 (100%이상)	식량 및 에너지 자급률 (100%이상)	식량 및 에너지 자급률 (100%이하)
Cluster 1 (24개국)	Germany Ireland New Zealand	Colombia Malaysia Mexico United kingdom		Armenia Austria Costa Rica Estonia Greece Israel Italy Japan Malta Netherlands Panama Portugal South Korea Slovenia Spain Switzerland Tunisia
Cluster 2 (6개국)		Brunei Darussalam Congo Gabon Libya Saudi Arabia	Norway	
Cluster 3 (9개국)	Ukraine	Iran Mongolia Venezuela	Russian Federation	Ghana Romania Tajikistan Turkey
Cluster 4 (41개국)	Brazil Bulgaria Cambodia India Namibia Nepal Slovakia Thailand	Algeria Bolivia Cameroon Cote d'Ivoire Ecuador Egypt Indonesia Mozambique Nigeria South Africa Syrian Trinidad and tobago Zimbabwe	Paraguay Vietnam	Albania Bangladesh Benin China Croatia El Salvador Honduras Kenya Morocco Nicaragua Philippines Poland Senegal Sri Lanka Togo Tanzania
Cluster 5 (9개국)	Finland France U.S.A Uruguay	Sweden	Argentina Australia Canada Denmark	

이러한 분석결과를 종합해보면, 국가별 식량 안보수준은 에너지안보수준에 비해 부정적인 상황에 있다고 볼 수 있다. 또한, 주목해야 할 점은 생산력 수준이 낮은 유형인 군집 4의 식량자급률 수준이 낮다는 것이다. 생산력 수준이 낮은 상황에서 식량자급률이 떨어진다면 국가의 식량안보 측면에서 부정적이라고 볼 수 있다. 에너지자급률 역시 평균은 자급수준(100%)보다 높은 것으로 나왔으나 자원이 특정 국가에 밀집되어 있고 그 편차가 커지고 있다는 점을 비추어 보았을 때 부정적인 상황에 처해 있다고 볼 수 있다.

### 제 3 절 유형별 자료포락분석(DEA)

효율성이라는 것은 일반적으로 투입과 산출의 비율을 의미하며 개별 국가는 각 국가가 처한 환경 속에서 최대한의 생산 효율성을 달성하고자 한다. 개별 국가의 기본적인 생산능력이 높다고 하여 반드시 효율성 또한 높은 것은 아니지만 국가별 생산능력, 정보차이, 그리고 운영능력에 따라 효율성에는 차이가 생기게 된다.

<표 4-6>은 전체국가를 대상으로 한 DEA결과를 나타낸다. CRS 모형에 의해 계측된 전체 효율의 평균을 보면 식량은 0.553, 에너지는 0.666으로 식량 생산에 대한 투입량은 44.7%, 에너지는 33.4%의 비효율이 존재한다고 볼 수 있다. 즉, 국가가 현재의 생산수준에서 가장 적은 투입으로 생산 가능하다면 투입량 수준을 44.7%, 33.4% 감소시킬 가능성이 있다는 것이다. VRS모형에 의한 전체 효율의 평균은 식량의 경우 0.733, 에너지의 경우 0.750로 모든 국가가 규모를 변경하지 않고 현재의 규모에서 비효율 요인만 개선한다면 투입량 수준을 각각 26.7%, 25.0% 감소시킬 수 있다. 한편, 생산가능집합에서 규모효율은 CRS의 효율과 VRS의 효율의 비율로 정의되므로 분석대상 국가의 평균 규모효율은 0.754, 0.887이 된다. 따라서 현재 규모의 비효율이 개선되고 있는 상황에서 모든 국가가 규모를 투입요소가 가장

적게 투입되는 규모로 변경한다면 전체 투입량 수준을 24.6%, 11.3% 감소시킬 수 있다.

식량생산에 있어 모든 모형에서 효율적으로 평가된 국가로는 아르헨티나, 호주, 브라질, 중국, 덴마크, 프랑스, 독일, 러시아, 미국 등 16개 국가이며 전체 국가 구성의 17.9%를 차지한다. 에너지생산에 있어 효율적인 국가는 브루나이, 콩고, 에콰도르, 가봉, 리비아, 노르웨이 등 31개 국가로 전체 국가 구성의 34.8%를 차지하며 산유국들이 다수 포함되어있다. 식량 및 에너지 생산 모두에 있어 효율적으로 평가된 국가는 아르헨티나, 호주, 불가리아, 캐나다, 한국, 러시아, 우크라이나로 나타났다. 우리나라<sup>11)</sup>는 CRS모형을 기준으로 식량 및 에너지 생산의 효율성이 각각 1.000, 1.000으로 높은 생산성을 가진 것으로 나타났다. 이러한 이유는 식량 및 에너지자급률은 낮지만, 경지면적 대비 식량생산량이 많은 편이며 정유기술이 세계 수준에 있기 때문인 것으로 보인다.

그러나 이와 같이 분석을 진행하게 되면 식량 및 에너지안보 상황을 고려하지 못하게 되고 서로 다른 생산구조성격을 가지고 있는 국가를 동시에 평가하게 되어 현실적인 분석이 불가능하게 된다. 또한, 본 연구는 개별 국가의 생산의 효율성을 계측하는 것뿐만 아니라 안보 상황이 좋지 않은 국가들의 생산의 효율성을 높이는 방안을 찾는 것이 목적이므로 이를 위해서는 생산구조 및 환경이 유사한 국가 간의 비교가 필요하다.

---

11) 우리나라의 식량 생산성은 영농 규모가 영세하다는 문제점이 있지만, 토지생산성 및 노동생산성이 해마다 증가추세인데 비하여 노동집약도는 감소추세에 있으며 가축 생산성이 선진국 수준으로 빠르게 향상되어 높게 평가되었다.

<표 4-6> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과

국가	식량		에너지		국가	식량		에너지	
	CRS	VRS	CRS	VRS		CRS	VRS	CRS	VRS
Albania	0.130	0.872	0.354	0.559	Mongolia	0.158	0.940	1.000	1.000
Algeria	0.462	0.508	0.637	1.000	Morocco	0.367	0.388	0.041	0.065
Argentina	1.000	1.000	1.000	1.000	Mozambique	0.391	0.631	1.000	1.000
Armenia	0.177	1.000	1.000	1.000	Namibia	0.428	1.000	0.140	0.849
Australia	1.000	1.000	1.000	1.000	Nepal	0.842	1.000	0.681	0.686
Austria	0.430	0.538	0.203	0.221	Netherlands	0.872	0.873	0.682	0.682
Bangladesh	1.000	1.000	0.372	0.778	New Zealand	0.528	0.628	0.634	0.746
Benin	0.439	1.000	0.496	0.682	Nicaragua	0.210	0.751	0.581	0.756
Bolivia	0.432	0.545	0.528	0.529	Nigeria	0.832	0.980	1.000	1.000
Brazil	1.000	1.000	0.279	0.465	Norway	0.796	0.797	1.000	1.000
Brunei	0.626	1.000	1.000	1.000	Pakistan	1.000	1.000	0.412	0.537
Bulgaria	1.000	1.000	1.000	1.000	Panama	0.227	0.945	0.168	0.399
Cambodia	0.746	0.958	0.379	0.416	Paraguay	0.603	1.000	1.000	1.000
Cameroon	0.354	0.539	0.375	0.375	Peru	0.534	0.550	0.145	0.166
Canada	1.000	1.000	1.000	1.000	Philippines	0.752	0.761	0.195	0.235
China	1.000	1.000	0.719	1.000	Poland	0.697	0.744	1.000	1.000
Colombia	0.095	0.126	0.863	1.000	Portugal	0.400	0.461	1.000	1.000
Congo	0.216	1.000	1.000	1.000	South Korea	1.000	1.000	1.000	1.000
Costarica	0.329	0.348	0.398	0.409	Romania	0.716	0.854	0.549	0.566
Cote d'ivoire	0.199	0.286	0.363	0.381	Russia	1.000	1.000	1.000	1.000
Croatia	0.886	1.000	0.529	0.607	Saudi Arabia	0.191	0.280	1.000	1.000
Denmark	1.000	1.000	0.728	0.740	Senegal	0.192	0.453	0.265	0.399
Ecuador	0.342	0.411	1.000	1.000	Slovakia	0.508	0.814	0.841	0.900
Egypt	0.820	0.862	0.433	0.474	Slovenia	0.479	0.574	0.993	1.000
Elsalvador	0.237	0.681	0.290	0.319	South Africa	0.512	0.524	1.000	1.000
Estonia	0.369	1.000	1.000	1.000	Spain	0.564	0.605	0.457	0.512
Finland	0.871	1.000	0.818	1.000	SriLanka	0.267	0.340	0.252	0.272
France	1.000	1.000	0.921	0.988	Sweden	0.667	0.823	0.876	1.000
Gabon	0.226	1.000	1.000	1.000	Switzerland	0.290	0.459	0.644	0.685
Germany	1.000	1.000	0.653	0.745	Syria	0.228	0.340	1.000	1.000
Ghana	0.346	0.492	0.190	0.248	Tajikistan	0.166	0.713	1.000	1.000
Greece	0.259	0.379	0.642	0.713	Thailand	0.872	0.882	0.231	0.241
Honduras	0.218	0.491	0.352	0.398	Togo	0.464	1.000	1.000	1.000
India	0.983	0.990	0.347	0.505	Trinidad tobago	0.378	0.817	1.000	1.000
Indonesia	0.648	0.664	0.627	1.000	Tunisia	0.265	0.458	0.342	0.342
Iran	0.360	0.371	0.895	0.968	Turkey	0.516	0.548	0.290	0.327
Ireland	0.367	0.432	0.423	0.436	Ukraine	1.000	1.000	1.000	1.000
Israel	0.568	0.582	1.000	1.000	United Kingdom	0.626	0.689	1.000	1.000
Italy	0.606	0.659	0.287	0.308	Tanzania	0.373	0.550	0.717	1.000
Japan	0.748	0.892	1.000	1.000	U.S.A	1.000	1.000	0.937	1.000
Kenya	0.319	0.355	0.196	1.000	Uruguay	0.450	0.803	0.209	0.330
Libya	0.064	1.000	1.000	1.000	Venezuela	0.256	0.273	0.642	0.674
Malaysia	0.181	0.182	0.514	0.591	Vietnam	0.860	1.000	0.967	1.000
Malta	1.000	1.000	0.000	1.000	Yemen	0.180	0.356	0.531	0.552
Mexico	0.483	0.488	1.000	1.000	평균	0.553	0.733	0.666	0.750

군집분석결과를 토대로 식량 및 에너지안보에 있어 우려가 되는 유형을 중심으로 유형별 생산 효율성 분석을 진행하였다. <표 4-7>은 식량 및 에너지안보가 우려되었던 군집 중 하나인 군집 1의 DEA 결과로 군집 1은 식량 및 에너지자급률이 가장 낮은 유형이다. CRS 모형에 의해 계측된 효율성의 평균은 식량은 0.697, 에너지는 0.746으로 나타났다. 생산구조성격이 비슷한 국가별로 분류하여 생산효율성을 평가하면 효율치도 증가하고 유사한 국가 중에서 목표로 하는 국가가 나오므로 개선목표가 보다 현실성이 있게 된다. 식량생산에 있어 모든 모형에서 효율적으로 평가된 국가로는 독일, 일본, 네덜란드 등 8개 국가로 나타났으며 군집 1 국가 구성의 38.1%를 차지한다. 에너지생산에 있어 효율적인 국가는 아르메니아, 콜롬비아, 말레이시아 등 11개 국가로 나타났으며 군집 1 국가 구성의 45.8%를 차지한다. 식량 및 에너지 생산 모두에 있어 효율적으로 평가된 국가는 독일, 일본, 몰타, 멕시코, 네덜란드, 한국 등으로 나타났으며 이들 국가는 군집 1의 주요 참조집합이 될 수 있다.

<표 4-7> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과(군집 1)

국가	식량		에너지		국가	식량		에너지	
	CRS	VRS	CRS	VRS		CRS	VRS	CRS	VRS
Armenia	0.271	1.000	1.000	1.000	Malta	1.000	1.000	0.000	1.000
Austria	0.690	0.704	0.318	0.515	Mexico	1.000	1.000	1.000	1.000
Colombia	0.241	0.247	1.000	1.000	Netherlands	1.000	1.000	1.000	1.000
Costa Rica	0.517	0.532	0.398	0.409	New Zealand	1.000	1.000	0.988	1.000
Estonia	0.817	1.000	1.000	1.000	Panama	0.366	1.000	0.168	0.399
Germany	1.000	1.000	0.900	1.000	Portugal	0.550	0.573	1.000	1.000
Greece	0.376	0.440	0.767	0.778	South Korea	1.000	1.000	1.000	1.000
Ireland	0.716	0.778	0.428	0.442	Slovenia	1.000	1.000	0.993	1.000
Israel	0.864	0.871	1.000	1.000	Spain	0.757	0.820	0.578	0.652
Italy	0.613	0.677	0.306	0.308	Switzerland	0.452	0.512	0.644	0.756
Japan	1.000	1.000	1.000	1.000	Tunisia	0.320	0.746	0.411	0.420
Malaysia	0.289	0.290	1.000	1.000	United kingdom	0.893	0.896	1.000	1.000
					평균	0.697	0.795	0.746	0.820

<표 4-8>은 생산의 효율성 값이 가장 낮은 군집인 군집 4의 DEA 결과로 군집 4는 식량 및 에너지자급률이 높지 않은 저개발국의 유형

이다. 군집 4의 CRS모형에 의해 계측된 효율의 평균을 보면 식량은 0.689, 에너지는 0.731로 군집 1(식량 0.697, 에너지 0.746) 보다 낮은 것을 확인할 수 있다. 군집 4는 군집 1에 비해 자급률은 높지만 생산의 효율성이 낮아 인구가 지금과 같은 속도로 더 늘어나게 되면 안보 위험은 더욱 커질 수 있다. 더불어 군집 4의 대다수 국가는 경제력 및 교육수준도 낮아 이를 대체할 수 있는 기술력이 없어 생산성 향상이 필요한 실정이다.

식량생산에 있어 모든 모형에서 효율적으로 평가된 국가로는 브라질, 중국, 나이지리아 등 16개 국가이며 군집 4 국가 구성의 39.0%를 차지한다. 에너지생산에 있어 효율적인 국가는 에콰도르, 모잠비크, 나이지리아 등 15개 국가로 나타났으며 군집 4 국가 구성의 36.6%를 차지한다. 식량 및 에너지 생산 모두에 있어 효율적으로 평가된 국가는 에콰도르, 나이지리아, 남아프리카공화국, 트리니다드 토바고, 베트남으로 나타났다.

식량 및 에너지 생산 모두에 있어 비효율적인 국가들로는 베냉, 캄보디아, 카메룬, 코트디부아르, 온두라스, 모로코, 세네갈, 스리랑카, 탄자니아, 예멘 등으로 나타났으며 이들 국가는 아프리카 국가로 사회기반시설이 잘 갖춰져 있지 않고 기아문제가 심각한 상황이다. 아프리카 개발협력의 대안으로 많은 방안이 언급되고 있지만, 실질적인 성과를 크게 얻지 못하고 있다. 이처럼, 현재 아프리카 국가들이 원하는 것은 최첨단 기술이 아니라 그들이 쉽게 사용할 수 있는 실용기술이며, 이는 맞춤형 기술인 '적정기술(appropriate technology)을 의미한다. 예를 들면, 아프리카의 가난한 농부에게는 전기를 사용하지 않고 강이나 연못에서 물을 끌어올릴 수 있는 수동식 펌프가 절실하다는 것이다. 따라서 본 연구에서도 이상적인 대안을 찾기보다는 현실적인 대안이 될 수 있는 국가를 선정하는데 주력한다.

<표 4-8> DEA기법에 의한 국가 간 효율성 평가결과(군집 4)

국가	식량		에너지		국가	식량		에너지	
	CRS	VRS	CRS	VRS		CRS	VRS	CRS	VRS
Albania	0.331	1.000	1.000	1.000	Namibia	0.565	1.000	0.574	1.000
Algeria	0.574	0.667	1.000	1.000	Nepal	1.000	1.000	0.680	0.685
Bangladesh	1.000	1.000	0.575	0.839	Nicaragua	0.328	1.000	0.903	1.000
Benin	0.489	1.000	0.598	1.000	Nigeria	1.000	1.000	1.000	1.000
Bolivia	0.584	0.811	1.000	1.000	Pakistan	1.000	1.000	0.495	0.540
Brazil	1.000	1.000	0.635	1.000	Paraguay	0.636	1.000	1.000	1.000
Bulgaria	1.000	1.000	1.000	1.000	Peru	0.768	0.793	0.229	0.270
Cambodia	0.809	1.000	0.454	0.661	Philippines	1.000	1.000	0.264	0.290
Cameroon	0.404	0.590	0.418	0.451	Poland	1.000	1.000	1.000	1.000
China	1.000	1.000	0.850	1.000	Senegal	0.272	0.496	0.440	0.977
Cote d'Ivoire	0.251	0.392	0.384	0.424	Slovakia	1.000	1.000	0.911	1.000
Croatia	1.000	1.000	0.647	1.000	South Africa	1.000	1.000	1.000	1.000
Ecuador	0.613	0.617	1.000	1.000	Sri Lanka	0.453	0.627	0.520	0.522
Egypt	1.000	1.000	0.870	0.891	Syria	0.379	0.571	1.000	1.000
El Salvador	0.372	1.000	1.000	1.000	Thailand	1.000	1.000	0.249	0.250
Honduras	0.319	0.823	0.683	1.000	Togo	0.528	1.000	1.000	1.000
India	1.000	1.000	0.380	0.505	Trinidad and Tobago	0.791	1.000	1.000	1.000
Indonesia	0.811	0.811	0.805	1.000	Tanzania	0.519	0.840	0.731	1.000
Kenya	0.353	0.398	0.774	1.000	Vietnam	1.000	1.000	1.000	1.000
Morocco	0.495	0.545	0.117	1.000	Yemen	0.226	0.552	0.805	0.918
Mozambique	0.391	0.837	1.000	1.000	평균	0.689	0.863	0.731	0.859

## 제 4 절 비효율 원인 분석

DEA의 핵심적 특징은 실제 다수 투입요소와 다수 산출요소의 자료만을 비교하여 국가들 간의 상대적 효율성을 측정하고, 효율적이지 못한 국가들의 벤치마킹 대상을 제시 할 수 있다는 것이다. 본 연구에서는 식량 및 에너지 생산에 있어 가장 효율적이지 못한 유형인 군집 4를 중심으로 비효율 국가<sup>12)</sup>들의 벤치마킹 대상국을 찾고자 한다. <표 4-9>는 군집 4의 대표적인 비효율 국가들의 참조집합과 참조비중을 정리한 것이다. 참조집합은 비효율적인 국가의 평가에 이용되었을 뿐만 아니라 비효율적인 국가가 벤치마킹할 수 있는 모델을 의미하

12) 비효율 국가는 CRS모형의 효율성 값이 낮은 하위 10개 국가로 한다.



여 DEA평가에서 중요한 의미를 가진다. 즉, 참조집합으로 나타난 국가들은 현재의 투입과 산출구조에서 낭비요인이 발견되지 않은 효율적인 국가임을 의미하며, 출현빈도수가 높은 참조 국가는 집단 내에서 우수한 국가로 해석될 수 있다.

식량생산에 있어 주요 참조집합으로는 브라질, 불가리아, 중국 등으로 나타났고 에너지에 있어서는 모잠비크, 파라과이 등으로 나타났다. 참조집합에 포함된 국가들은 생산의 효율성뿐만 아니라 식량 또는 에너지자급률이 높은 국가들이다. 참조집합에 포함된 개별 국가를 살펴보면, 브라질은 제조업과 서비스업의 성장으로 농업의 경제적 비중이 점점 약화되고 있지만, 노동 총인구의 20%가 농업에 종사하고 있고 수출에서 농업생산물이 차지하는 비중이 여전히 높아 농업국으로서의 높은 생산성을 가지는 것으로 보인다. 불가리아는 유럽에서 조세율이 가장 낮은 국가로 토지에 대한 세금부과가 없고 토지생산성이 매우 높으며 고온 건조한 여름철에도 일정정도의 수분을 함유하고 있어 농작물 재배가 가능하다는 이점이 있는 것으로 알려져 있다. 중국은 농업에서 새로운 사업기회를 발굴하려는 대기업들이 증가하고 있으며 이를 통해 생산원가 절감 등이 이루어지고 있다.

파라과이는 석유 및 천연가스과 같은 에너지 자원이 없지만 1인당 전력 생산이 6,388kWh(kilowatt-hour)로 세계에서 가장 높아 에너지 생산에 있어 참조집합이 되었다. 모잠비크는 아프리카의 최빈국 중 하나였지만 천연가스 개발을 통해 자원부국으로 급부상 하고 있으며 실제로 모잠비크는 초대형 가스전 개발로 인한 외국인직접투자(FDI) 증가에 힘입어 최근 5년간 연평균 7%대 이상의 높은 경제성장률을 보이고 있다.

이처럼 군집 4의 비효율적인 생산성을 보여주는 국가들은 유사한 경제력과 자원을 가진 참조집합들을 벤치마킹 국가로 설정하여 투입량을 결정<sup>13)</sup>할 필요가 있다. 국가의 경쟁력을 제고하기 위한 방법의

---

13) 예를 들면, 식량생산에 중심으로 베냉의 참조 집합은 브라질, 불가리아, 중국으로 투입물과 산출물의 구성이 베냉과 가장 유사한 국가들이라고 볼 수 있다. 참조비중은 0.003, 0.005, 0.001로 베냉은 브라질, 불가리아, 중국이 사용한 투입물의 3%, 5%, 1%를 사용해야 한다는 것을 의미한다.

일환으로 타 국가에서 배워오는 혁신 기법이 벤치마킹이며 단순히 투입량만을 참고하는 것이 아닌 참조집합들의 성장과정에서의 노하우(know-how)와 현재의 장·단점을 분석해 생산성 향상을 위한 노력을 한다면 현실적인 국가발전에 도움이 되리라 생각된다.

<표 4-9> 비효율 국가들의 참조집합 및 참조비중

국가	참조집합					참조비중			
베냉	식량	Brazil	Bulgaria	China		.003	.005	.001	
	에너지	Albania	Mozambique	Paraguay	Vietnam	.013	.121	.047	.004
캄보디아	식량	Bulgaria	China	Croatia	Thailand	.008	.007	.018	.001
	에너지	Mozambique	Paraguay			.028	.473		
카메룬	식량	Brazil	Bulgaria	China		.007	.015	.003	
	에너지	Mozambique	South Africa	Trinidad and Tobago	Venezuela	.165	.023	.076	.046
코트디부아르	식량	Brazil	Bulgaria	China		.004	.055	.001	
	에너지	Mozambique	South Africa	Trinidad and Tobago		.256	.038	.027	
온두라스	식량	Bulgaria	Philippines	Thailand	Trinidad and Tobago	.154	.006	.006	.055
	에너지	Mozambique	Paraguay			.130	.083		
모로코	식량	Brazil	Bulgaria	Poland	Thailand	.051	.161	.000	.045
	에너지	Poland				.000	.004		
세네갈	식량	Brazil	China	Poland		.006	.002	.005	
	에너지	El Salvador	Mozambique	Paraguay		.134	.015	.116	
스리랑카	식량	Philippines	Vietnam			.091	.006		
	에너지	El Salvador	Mozambique	Paraguay		.828	.082	.299	
탄자니아	식량	China	India	Nigeria		.003	.013	.116	
	에너지	Mozambique	Paraguay			1.47	.249		
에맨	식량	Brazil	Bulgaria	China		.010	.005	.001	
	에너지	Nigeria	Syria			.001	.672		

본 논문은 식량 및 에너지안보에 대한 관심이 높아지고 있는 현 상황에서 식량 및 에너지안보에 있어 가장 기본이 되는 생산의 효율성 부분을 다뤘다. 또한, 가장 위험한 상황에 처한 국가들을 분류하여 벤치마킹 국가를 설정하여 현실적인 투입량 설정에 도움을 주고자 하였다. 그러나 국가를 분류함에 있어 경제력과 교육수준과 같은 정량적인 부분은 다룰 수 있었던 것에 비해 개별 국가의 지리적인 요소나 자연환경을 반영하지 못한 것은 한계점으로 남는다.

## 제 5 장 요약 및 결론

본 연구는 DEA모형을 이용하여 89개 국가들을 대상으로 유형별 식량 및 에너지 생산의 효율성을 평가하였다. 또한, DEA기법을 적용함에 있어 모든 국가를 동시에 평가하면 극단적으로 효율이 낮은 국가가 생기고 개선 목표치 자체가 비현실적으로 될 가능성이 있어 군집분석을 통해 유형별 생산의 효율성을 분석하였다.

전체 국가를 대상으로 하여 모형별 효율성을 평가한 결과, 식량생산의 평균효율성은 0.553, 0.733, 에너지생산의 평균효율성은 0.666, 0.750으로 나타났다. 이는 분석대상 국가의 현재 생산량에 대한 투입량에는 식량의 경우 44.7% 감소시킬 가능성이 있고 에너지의 경우 33.4%를 감소시킬 가능성이 있다는 것을 의미하며 모든 국가가 규모를 변경하지 않고 현재의 규모에서 비효율의 요인만 개선한다면 국가 전체에서 투입량 수준을 식량은 26.7%, 에너지는 25.0% 감소시킬 가능성이 있다는 것을 의미한다. 식량생산에 있어 효율적으로 평가된 국가는 아르헨티나, 이스라엘, 호주, 미국 등 16개 국가였으며 에너지생산에 있어 효율적인 국가는 브루나이, 가봉, 노르웨이 등 31개 국가로 나타났다. 식량 및 에너지 생산 모두를 고려한 경우 아르헨티나, 호주, 불가리아, 캐나다, 한국, 러시아, 우크라이나가 효율적인 생산을 하고 있는 것으로 나타났다.

다음으로 군집별 효율성 분석을 한 결과, 효율성이 가장 낮은 유형은 군집 4였다. 효율성이 가장 낮은 군집 4를 대상으로 계측한 모형별 평균값은 식량의 경우 0.689, 0.863, 에너지의 경우 0.731, 0.859로 나타났다. 식량생산에 있어 효율적으로 평가된 국가로는 브라질, 중국, 나이지리아 등 16개 국가이며 에너지생산에 있어 효율적인 국가는 에콰도르, 모잠비크, 나이지리아 등 15개 국가로 나타났다. 식량 및 에너지 생산 모두에 있어 효율적으로 평가된 국가는 에콰도르, 나이지리아, 남아프리카공화국, 트리니다드 토바고, 베트남으로 나타났다.

또한, 비효율 국가들의 벤치마킹 대상 국가를 찾기 위해 참조집합 파악하였다. 식량생산에 있어 참조집합으로는 브라질, 불가리아, 중국 등으로 나타났고 에너지생산에 있어서는 모잠비크, 파라과이 등으로 나타났다. 이들 국가는 개별 국가의 생산력 수준은 높지 않은 국가들이지만, 식량 또는 에너지를 생산함에 있어서는 효율적인 것으로 나타나 비효율 국가들의 참조집합이 되었다. 이처럼 유사한 생산구조성격을 갖고 있는 국가별로 분류하여 생산효율성을 평가하면 유사한 국가 중에서 목표로 하는 국가가 나오기 때문에 개선목표는 보다 현실성이 있게 되며 군집 4 국가들은 참조집합의 투입비중을 고려하여 투입량을 결정할 수 있다.

본 논문은 식량 및 에너지안보에 대한 관심이 높아지고 있는 현 상황에서 식량 및 에너지안보에 있어 가장 기본이 되는 생산의 효율성 부분을 다뤘다. 또한, 가장 위험한 상황에 처한 국가들을 분류하여 벤치마킹 국가를 설정하여 현실적인 투입량 설정에 도움을 주고자 하였다. 그러나 구체적인 개선목표를 달성하기 위한 개별 국가가 추구하는 방향이나 투입항목에 대한 요인분석이 이루어지지 못하였고 개선안의 구체화와 이에 따른 개선효과에 대한 정량적 평가법 등이 이루어지지 않아 지속적인 연구가 요구된다.

## 참고문헌

- 김관수, 안동환, 김윤진. 2014. “식량 및 에너지안보의 참조국가별 상호연관성 및 이행경로 분석”, 농업경제학회, 「농업경제연구」 55권 제2호. pp. 23-49.
- 김흥기. 2009. “한국의 대 동남아 주요국과의 에너지 외교: 에너지안보차원의 현황과 전망”, 「동서연구」 21권 제1호. pp. 255-284.
- 김선애. 2005. “DEA를 이용한 공공도서관의 효율성 평가: 정보서비스 활동을 중심으로”, 「한국문헌정보학회지」 39권 제1호.
- 권오상, 김한호. 2010. “확률 DEA-FDH 기법을 이용한 산지유통 및 수급안정 조직의 경영성과와 그 결정요인 분석: 산지유통종합평가 자료를 중심으로”, 「농업경제연구」 50권 제2호. pp. 69-95.
- 서명천, 김관수, 안동환. 2010. “정부정책사업의 유형화와 효율성 분석”, 대한국토·도시계획학회, 「국토계획」 45권 제2호. pp. 7-19.
- 성명환, 이규천, 이중웅. 2000. “21세기 식량안보 확보방안”, 한국농촌경제연구원.
- 손창수, 고진주, 김성훈. 2013. “중국 소비행태와 한국 농식품 수출마케팅 전략”, 농업경제학회, 「농업경제연구」 36권 제2호. pp. 67-95.
- 안병일, 한두봉. 2012. “식량안보에 관한 다양한 접근 시각과 정책과제”, 농업정책학회, 「농업경영정책연구」 39권 제4호. pp. 815-840.
- 이동소, 김관수, 안동환. 2012. “체제전환국 농업생산성 결정요인 분석”, 한국국제농업개발학회, 「한국국제농업개발학회지」 24권 제2호. pp. 169-177.
- 이순석, 김충실, 이상호. 2001. “비모수적 접근에 의한 친환경농업의 효율성 분석: 사과 생산을 중심으로”, 「농업경제연구」 42권 제2호. pp. 51-65.
- 이원진. 2010. “식량안보 평가를 위한 식량안정지수 개발활용 방안”,

NHERI리포트 96.

- 이원진. 2009. “식량의 안정적인 수급관리를 위한 신식량안보지수 개발활용 방안”, 「NHERI리포트」 74.
- 전영현, 안병일. 2015. “세계 식량자급률의 불균등도와 양극화 분석”, 농업경제학회, 「농업경제연구」 56권 제1호. pp. 71-97.
- 전익수, 김병률, 김용택. 2011. “우리나라 식량안보지수에 대한 새로운 접근”, 한국농업경제학회, 「농업경제연구」 52권 제2호. pp. 77-98.
- 한두봉, 안병일, 박미성. 2012. “식량안보 및 에너지안보 수준에 따른 국가유형 분석: 식량 및 에너지자급률을 중심으로”, 농업경제학회, 「농업경제연구」 53권 제4호. pp. 89-109.
- 황윤섭, 김동엽, 송석원. 2009. “에너지안보 지표 개발에 관한 국가간 비교 분석-LPG를 중심으로”, 국제지역학회, 「국제지역연구」 13권 제3호. pp. 191-210.
- Chavas, JP. and Kim, K. 2015. “Nonparametric Analysis of Technology and Productivity under Non-convexity: a Neighborhood-based Approach”, *Journal of Productivity Analysis* 43 (1): 59-74.
- Ecker, Olivier, Clemens Breisinger. 2012. “The Food Security System: A New Conceptual Framework”, Discussion Paper 01166.
- Ewing, M. and S, Msangi. 2009. “Biofuels Production in Developing Countries: Accessing Tradeoffs in Welfare and Food Security”, *Environmental Science and Policy* 12: 520-528.
- Falcon, W.P. and Naylor, R.L. 2005. “Rethinking Food Security for the Twenty-First Century”, *American Journal of Agricultural Economics* 87 (5): 1113-1127.
- Fargione J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky, and P. Hawthorne. 2008. “Land Clearing and the Biofuel Carbon Debts”,

- Science, 327: 812–818.
- Karp, A. and Richter, GM. 2011. “Meeting the Challenge of Food and Energy Security”, *Journal of Experimental Botany* 62 (10): 3263–3271.
- Lake, I.R, L. Hooper, A. Abdelhamid, G. Bentham, A.B.A. Boxall, A. Draper, S. Fairweather–Tait, M. Hulme, P.R. Hunte, and G. Nichols. 2012. “Climate Change and Food Security: Health Impacts in Developed Countries”, *Environmental Health Perspectives* 120(11): 1520–1526.
- Lotze–Campen, H., A. Popp, T. Beringer, C. Muller, A. Bondeau, S. Rost, and W. Lucht. 2010. “Scenarios of global bioenergy production: The trade–offs between agricultural expansion, intensification and trade”, *Ecological Modelling* 211(18): 2188–2196.
- Pingali, P., T. Raney and K. Wiebe. 2008. “Biofuels and Food Security: Missing the Point”, *Applied Economic Perspectives and Policy* 30(3): 506–516.
- Volman, D. 2003. “The Bush Administration & African Oil: The Security Implications of US Energy Policy”, *Review of African Political Economy* 98(12): 573–584.
- Tweenten, L. 1999. “The Economics of Global Food Security”, *Review of Agriculture Economics* 21(2): 473–488.
- FAO, Food and Agriculture Organization.
- Worldbank, The World Bank.
- CIA, Central Intelligence Agency.

## Abstract

# Production Efficiency Analysis of the Classification of Country Types according to Food and Energy Security

Ki-Uk Han

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

In today's world where the food prices are skyrocketing due to extreme weather anomalies and the competition for energy sources including oil and natural gas is increasingly fiercer, food and energy security has emerged as one of the three major global crises along with the financial crisis beyond individual nations. Situational changes to one country can drive another country into a crisis state, and individual countries now need to prepare for such events in the rapidly changing circumstances. Expanding in its uses, bioenergy based on corns, beans, and beets has garnered attention as a countermeasure against the



limited energy sources and global warming. As a result, the areas of crop cultivation and the supply of food have decreased, which has led to rising grain prices and threatened food security. It is now clear that the process of pursuing energy security can cause imbalance that will threaten food security. Food security and energy security have become topics that should be dealt with together rather than separately.

This study thus set out to investigate the productive efficiency of individual nations with a focus on the situations of food and energy security. Different countries may have different directions and political goals for food and energy security, but there will be no differences on the need for higher productive efficiency. Underdeveloped nations are predicted to have low efficiency and thus a greater need to improve national productivity than other nations.

The present study analyzed 89 of 115 nations whose data were available for productive efficiency according to food and energy security from 2001 to 2007, using average values. Since it would be impossible to do realistic analysis when targeting the whole in a situation where individual nations were in different situations, the study conducted cluster analysis for patterning to highlight national characteristics. The analysis variables include the self-sufficiency rates based on the annual yields and supplies(consumptions) to show the food and energy security circumstances of individual nations and the food and energy outputs per capita by the nations to consider the percentage of individual nations in the world in terms of food and energy outputs. In addition, the school enrollment rates, GDP per capita, and percentage of agricultural population were used as variables to indicate the productive capacity of each nation to show the

characteristics of individual nations. The level of price changes was also considered to reflect the economic changes of each country.

The study also set variables capable of affecting food and energy production to estimate the productive efficiency of each nation. The input factors for food production include land(cultivated acreage), labor(economically active population in agriculture), capital(net capital stock of agriculture), the amount of fertilizers used, and grain imports. The input factors for energy production include the oil reserve, natural gas reserve, labor<sup>2</sup>(economically active population in the energy industry), capital<sup>2</sup>(GDP invested into the energy industry), bioenergy, and crude oil imports. The products include food outputs, which are the addition of grain, fish, and meat outputs, and energy outputs converted into the oil unit.

The data envelopment analysis results of the entire nations show that the average values of CRS and VRS models were 0.553 and 0.733 in food, respectively, and 0.666 and 0.750 in energy, respectively. The study then measured the efficiency of each cluster around the cluster analysis results to figure out the realistic productive efficiency of each nation. There were total five clusters, of which Cluster 4 turned out to be the most dangerous one in food and energy security. The study also identified reference sets among the inefficient nations in Cluster 4 to help them find a benchmark nation as well as measure productive efficiency. The reference sets in food production were Brazil, Bulgaria, and China, and they were Mozambique and Paraguay in energy production. Those nations were not high in individual productive capacity but effective for food and energy production, thus being identified as reference sets for inefficient

nations. When classifying nations with similar productive structural qualities and assessing them for productive efficiency, one can identify the ones to be a benchmark among them, which means more realistic improvement goals. The countries of Cluster 4 can thus determine their inputs by taking the input percentage of reference sets into consideration.

The present study addressed productive efficiency, which is the most basic element in food and energy security, in a situation where more and more interest was invested in food and energy security. The study also tried to provide assistance for setting realistic inputs by classifying the nations at the highest risk and setting benchmark nations. The study, however, has its limitations derived from reflecting no geographical elements and natural environments of individual nations in the classification of nations while dealing with their quantitative aspects such as economic power and educational level. The study also failed to conduct factor analysis for the directions and input items sought after by individual countries to fulfill specific improvement goals and employ a quantitative evaluation technique for the materialization of improvement measures and resulting improvement effects, which calls for ongoing researches in the future.

Keywords : food security, energy security, efficiency, classification, factor analysis, cluster analysis, data envelopment analysis(DEA)

Student Number : 2013-23239