

DEA를 이용한 농림 R&D 사업의 효율성 분석

김준현

농림식품기술기획평가원 사업관리본부

이봉수

단국대학교 무역학과 교수

김재경

Qualcomm CDMA Technologies VP

Efficiency of Analysis Agricultural R&D Program by Data Envelopment Analysis

Jun-Hyun Kim^a, Bong-Soo Lee^b, Jae-Kyung Kim^c

^aKorea Institute of Planning and Evaluation for Technology, in Food, Agriculture and Forestry, South Korea

^bDepartment of International Trade, Dankook University, South Korea

^cQualcomm CDMA Technologies, South Korea

Received 11 February 2020, Revised 21 February 2020, Accepted 26 February 2020

Abstract

For the past few years, the Korean government has been consistently expanding its national research & development budget to accelerate economic growth through technology innovation and the enhancement of international competitiveness in global markets. The objective of this paper is to define the concept and analyze the current status of national R&D programs by measuring R&D efficiencies. We determine R&D efficiency by reflecting inputs and outcomes of the five main agricultural R&D programs between 2010 to 2015, and by categorizing and regrouping figures that may affect R&D performance. Among 1,128 targeted projects, 832 projects with patents and thesis were selected for analysis in terms of measuring technology efficiency, pure technology efficiency, and efficiency of scale. Also, the Kruskal-Wallis test was also utilized as well. As a result of empirical analysis, figures that affected the efficiency level of national R&D programs included differences in research resources, research management levels and skills, and research field. This study can be utilized as a reference for re-establishing national agricultural R&D policies, such as enhancement of national technology competitiveness in the global market environment, improving and adapting to new agricultural conditions, market expansion, national agricultural R&D efficiency, aging rural population, agricultural management cost increase, and climate change mitigation.

Keywords: Investment Efficiency, National Agricultural R&D, R&D innovation Strategy, DEA, Out Analysis

JEL Classifications: O32, O38, Q16

^a First Author, E-mail: pd1005@hanmail.net

^b Corresponding Author, E-mail: leebongsoo@dankook.ac.kr

^c Co-Author, E-mail: jkkim0521@hanmail.net

I. 서론

1990년대 WTO체제 출범으로 정부의 직접 지원이 금지보조금으로 분류되고 산업역량이 취약한 농업도 무한경쟁시대로 돌입함으로써 개방화에 대비한 기술개발을 통한 경쟁력 강화의 필요성이 대두되었다. 특히, 네덜란드, 일본, 이스라엘 등은 기술·자본집약형 농업을 추구하여 농림어업의 고부가가치 창출을 위한 유통·가공 부문의 연구를 강화하고 유전공학, 신소재, 전자정보 등 첨단과학기술을 접목한 종합 산업으로서의 농림어업 육성에 박차를 가하고 있었다. 우리나라 역시 농업 인구의 급격한 감소로 기계화·자동화 기술개발 수요가 증대하였고 환경과 생태문제가 농림어업 생산에 가장 큰 제한 요인으로 작용하여 기술개발을 통한 농수산업의 경쟁력 강화를 위한 연구개발사업의 강화 필요성이 제기됨에 따라 경제 사회 발전의 견인차로서 지식의 창출 과정인 연구개발의 중요성이 크게 부각 되었다. 이렇게 급변하는 대내외 환경에 신속하게 대응하면서 우리나라 농림업을 고부가가치 산업으로 전환시키기 위해서는 국내 농림업의 첨단화, 과학화가 필수적이고 이를 위해서는 지속적인 연구개발투자 확대가 전제되어야 한다. 그러나 연구자원의 한계와 자원의 합리적 배분이라는 관점에서 연구개발 투자가 타 부문 투자 보다 경제사회적 성과가 높다는 것이 과학적으로 검증되고 입증되어야만 투자의 정당성을 확보할 수 있으며 창출된 성과를 통한 국민의 공감대 형성이 안정적인 투자확대의 가장 중요한 요소라 할 수 있을 것이다.

세계 각 국은 과학기술 혁신을 통한 지속가능한 성장 동력 확보 및 사회적 현안을 위한 연구개발 투자를 강화하고 있으며 우리나라도 국가경쟁력 확보를 위한 R&D 예산이 지속적으로 증대되고 있어 2020년 기준 GDP 대비 R&D 투자비중은 세계 1위, 투자 규모는 최초로 20조 원을 넘어섰다. 농림 R&D의 경우 우루과이라운드 타결 이후 농림축산식품부는 농림업의 국제경쟁력 제고 및 농어촌 발전을 위해 농어촌 특별세를 재원으로 연구개발사업을 추진키로 하고 1994년부터 10년간 4,150억 원을 투자하

기로 결정하였으며 연구개발사업사업의 규모도 2007년까지 농림기술개발사업 단일사업 426억 원에서 2020년 기준 23개 사업의 2,339억 원으로 투자규모가 지속적으로 확대되었다.

이러한 상황에서 본 연구에서는 2009년 10월 농림축산식품부의 연구개발사업을 위탁·관리하는 연구관리전문기관이 최초로 설립된 시점과 R&D 과제의 특성상 연구종료 후에도 성과가 발생하는 특성을 감안하여 2010년부터 2015년까지 종료된 농림축산식품부 소관 5개의 대표 연구개발사업의 효율성을 측정하기 위해 통계자료를 수집하고 분석하여 농식품 R&D 사업의 성과 현황 파악과 이를 바탕으로 기 투입된 재원의 효율성, 과다 투입량, 적정 투입량 등을 도출하고자 하였다. 분석결과를 기초로 연구특성별 집단 간 차이 검증을 실시하고 농림 R&D 분야의 효율성을 분석하여 향후 농림 R&D분야의 투자 효율성을 제고할 수 있는 중요한 기초자료로 제공하는 동시에 효율적인 농림부문 연구개발사업의 투자를 위한 추진 방향 및 전략제시를 통해 한정된 재원을 배분하고 운영하는 등 사업개선을 위한 관리체계를 확립하는데 의미 있는 시사점을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 이론적 고찰

1. 이론적 배경

효율성이 높다는 것은 동일한 노력과 자원을 투입했을 때 더 높은 성과가 나타나거나 동일한 성과나 자원을 얻는데 더 적은 노력과 자원이 소요되는 경우를 가리키며 절대적 효율성과 상대적 효율성으로 구분되는 효율성은 관심대상이 되는 경제주체의 투입대비 산출의 비율을 의미하는 절대적 효율성과 생산 활동을 하는 경제주체가 가진 효율성 중에서 최고치가 되는 준거집단과 비교하여 상대적인 값으로 표현되는 상대적 효율성으로 나뉜다. DEA모형은 상대적 효율성을 분석하기 위한 주요 수단으로 활용되며 일반적으로 통상적인 경제활동에서 는 상대적인 경쟁력이 주요 관심대상이므로 상

대적 효율성의 개념이 사용되는데 특히, DEA는 특정한 함수형태를 가지지 않기 때문에 투입요소나 산출요소의 수준을 파악하기 어려운 공공부문의 효율성을 분석하는데 유용한 계량 모형이라 할 수 있다.

Farrell (1957)이 효율성 측정방법을 제시한 이후 Charnes et al. (1978) 등이 다수의 투입재 사용하여 다수의 출물을 생산하는 조직에 대한 상대적인 효율성을 측정하는 비모수적 기법인 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA)을 제시하였다. 이 DEA모형을 그들의 이름을 따서 CCR(Charnes, Cooper, and Rhodes) 모형이라고 지칭하였으며 CCR(Charnes, Cooper, and Rhodes)모형은 생산시스템이 기술적으로 규모에 대한 수익의 변동이 일정한 규모수익불변(Constant Return to Scale: CRS)인 경우를 가정한 모형으로 이 CCR모형이 제안된 후 다양한 형태의 보완된 모형들이 개발되었다. CCR모형은 의사결정단위의 규모수익이 불변한다는 가정 하에서 효율성을 측정하기 때문에 규모효율성과 순수기술효율성을 구분할 수 없다. 이와 같은 규모수익불변의 제약을 일반화하기 위해 Banker et al.(1984)는 생산기술이 규모에 대하여 변동(Variable Return to Scale: VRS)한다는 수익규모가변 상황에 적용할 수 있는 모형을 개발하고 그 이름을 따서 BCC(Banker, Charnes, and Cooper)모형이라고 지칭하였다.

DEA는 최근 들어 연구개발사업의 성과측정과 관련하여 사용되기 시작한 방법론으로 동일한 목적을 위해 다중 투입물을 사용하여 다중 산출물을 생산해 내는 DMU(Decision Making Unit)의 상대적 비효율성을 측정하는 방법으로 주어진 투입물과 산출을 이용하여 효율적인 경계를 설정하고 경계상에 위치한 참조집합을 기준으로 하여 개별 DMU의 상대적 비효율성을 측정하는데 DEA는 다중투입과 다중산출을 복합적으로 고려하여 DMU들 간의 상대적 효율성을 단일화된 지표의 변환이 가능하며 특히, 투입변수와 산출변수들의 측정단위가 서로 상이할 경우와 화폐단위로 표현이 불가능할 경우에 적용할 수 있다.

Lee Jung-Dong and Oh Dong-Hyun (2012)은 DEA모형은 다수의 투입요소를 사용하여 다

수의 산출물을 생산하는 생산조직의 효율성을 평가하기 위한 모형으로 생산조직을 의사결정단위(Decision Making Unit : DMU)라는 용어로 지칭하며 일반적인 회귀분석(Regression analysis)에서는 생산함수를 추정하기 위해서 잔차의 분포에 대해 특정한 통계적 가정을 도입한다. 그러나 DEA에서는 통계적 가정이 없이 주어진 자료만으로 생산관계를 추정하여 효율성을 계산하기 때문에 분석하는 사람의 자의적인 판단이 개입될 여지가 상대적으로 적어 DEA가 비통계적이라는 속성을 가진다고 하였다.

Seo, Dae-Gyo and Jin-Tae Hwang (2012)는 DEA분석은 투입 및 산출변수의 측정단위가 다르더라도 별도의 가중치를 부여하지 않고 동시에 모형에 포함시킬 수 있으며 가격정보가 없더라도 기준그룹을 제시함으로써 효율적 개선을 위한 정보를 제공하는 유용성으로 많은 연구자들이 다양한 분야에서 이용하고 있는데 생산함수 또는 비용함수를 사전적으로 설정할 필요가 없는 데다 비효율성을 기술·배분·규모 효율성으로 구분해 낼 수 있다는 장점이 있다고 하였으며 투입 및 산출물의 단위가 통일된 단위로 표시하기 힘들거나 화폐단위로 표시하기 어려운 경우에도 적용할 수 있으며 구체적인 생산함수에 관한 정의가 필요하지 않아서 투입 및 산출의 관계가 없이도 분석이 가능하고 산출 또는 투입에 가중치를 설정하지 않고 평가자의 자의성을 배제하여 평가의 객관성을 보장할 수 있다.

그러나 Park Man-Hee (2008)는 전술한 DEA의 많은 유용성에도 불구하고 고려해야 하는 몇 가지 문제점이 존재한다고 하였는데 첫째, DEA는 DMU에 가장 우호적인 가중치를 부여하여 효율성을 상대적으로 평가하는 방법이기 때문에 투입요소와 산출물의 선정 및 측정치가 매우 중요하며 DEA에 이용되는 실증자료에 통계적 오류가 포함되어 있을 경우 DEA 결과는 동 오류가 미치는 효과를 포함하게 된다. 둘째, DEA에서 제시되는 효율성 개선을 위해 제공되는 초과 투입되는 변수의 정보는 투입요소의 범위에서 제시되며 단기적으로 나타날 수 있으며 셋째, DEA는 정점을 이용한 비모수적기법으로 생산주체가 통제할 수 없는 무작위 오차

가 효율성의 계산에 반영되어 측정오차를 발생시킬 수 있으며 유의성에 대한 검정수단이 없어 통계적 가설검증이 어렵다. 마지막으로 상대적으로 효율성 평가모델로 더 효율적인 DMU가 분석대상에서 제외될 수 있기 때문에 가장 효율적인 DMU와 나머지 조직의 효율성을 계산하므로 준거집단이 상이할 경우 효율성 정보를 얻지 못할 수도 있는 점을 고려하여 효율적인 단위로 평가된 DMU라 하더라도 개선의 여지가 없는 100% 절대적인 효율단위로 간주하여서는 안 된다고 하였다.

2. 선행연구

최근 DEA 분석은 학문적으로 빠르게 발전하고 있으며 은행, 기업, 병원 등의 효율성을 분석하는데 적용되어 왔으며 최근 들어 국가연구개발사업의 투자규모가 확대됨에 따라 투입예산 대비 질적인 측면에서의 효율성 제고가 중요한 이슈로 대두되고 있어 다수의 투입과 다수의 산출에 관련된 국가연구개발사업의 효율성 측정을 위한 방법의 하나로 다양하고 유용하게 활용되고 있다.

Park, Sang-Hyuk, Seung-Heon Han and Dae-Hwan Kim (2007)는 한국건설교통기술평가원(KICTEP)에서 수행한 375건의 과제 중 분석이 가능한 자료를 보유한 83건을 대상으로 DEA를 활용한 건설연구개발사업의 효율성을 측정하였다. 투입요소는 투입연구비와 참여연구원 수, 산출요소는 다양한 논문으로 구성된 지식축적요소와 특허, 신기술과 같은 지식전파요소로 구성하여 분석한 결과 사업별로는 건설핵심기술개발사업, 연구기관별로는 대학과 학회가 지식축적 및 전파에 있어 평균보다 효율성이 높은 것으로 나타났으며 이는 건설 R&D 투자의 우선순위 결정과 비효율적인 건설 R&D 사업의 성과를 향상시킬 수 있는 기준을 제시하는 데 활용될 수 있다고 하였다. Kim, Tae-Hee, In-Ho Kim, Sung-Bong Ahn and Kye-Suk Lee (2009)는 원자력연구개발사업의 효율성 분석을 위해 DEA를 이용하여 원자력연구개발사업 내의 원자력기술개발사업, 원자력

기반확충사업, 방사선기술개발사업 등 3가지 내역사업을 대상으로 분석한 결과 모두 비효율적으로 나타났다. 분석 대상사업의 효율성을 높이기 위해서 SCI와 기술확산을 비롯한 연구성과를 높일 필요가 있는 것으로 나타났다. 연구수행 주체별로 분석한 결과, 대부분 대학교에서 수행한 사업이 효율적인 것으로 나타났는데 이는 대학의 경우 인건비에 투입되는 예산이 연구소 소속 연구원보다는 상대적으로 적기 때문에 직접비에 상대적으로 더 많이 투입할 수 있고, 석·박사학위 연구인력 양성, 학술회의 개최 등이 성과도출에 영향을 줄 수 있다는 것으로 설명될 수 있으며 원자력기술개발사업의 경우 연구비 규모를 축소해야 하는 것으로 나타나 성과의 확대와 사업비의 효율적 투입이 함께 고려되어야 한다고 하였다. Lee Hyung-Jin (2015)은 2006년부터 2013년 12월까지 종료된 국방핵심기술개발사업 143개 과제를 대상으로 투자대비 연구 성과를 DEA를 이용하여 산출기반 규모수익불변, 규모수익가변 모형을 적용하여 분석하였다. 연구개발비용, 연구인력, 기간을 투입변수로 사용하였고, 산출변수로는 특허, 논문, 무기체계의 적용여부를 사용하였다. 국방기술연구개발 143개 과제의 효율성은 CRS모형으로 측정한 평균효율성은 45.2%, VRS모형으로 측정한 평균효율성은 51.3%, 효율적인 과제는 24개로 나타났으며 본 연구는 DEA 확장모형을 적용하여 실질적인 연구개발 투자방향과 정책 등을 제시하였다.

농림부문의 국가연구개발사업은 그 중요성에도 불구하고 타 부처의 연구개발사업에 비해 역사가 짧고 투자규모가 크지 않기 때문에 효율성과 관련한 연구가 활성화되지 않았으며 특히 농림축산식품부 소관 민간 주도의 연구개발사업과 관련된 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국가연구개발사업의 경우 달성해야 하는 적정 산출수준을 파악하는데 중점을 두기 보다는 연구비, 연구기간, 연구인력 등의 통제 가능한 투입요소를 효과적으로 배분하고 추진하기 위한 효율성 측면에서 DEA를 활용하고자 하였다.

Table 1. Basic Statistics of Input and Output Factors

(Unit: Billions of KRW, Year)

| | Division | N | Min value | Max value | Average | Standard Deviation |
|---------------|-----------------|-----|-----------|-----------|---------|--------------------|
| Input Factor | Research budget | 832 | 0.210 | 56.971 | 6.67282 | 7.929012 |
| | Study period | | 1.000 | 6.000 | 2.83894 | 0.886059 |
| Output Factor | Paper | 832 | 0.000 | 146.000 | 8.53546 | 14.342308 |
| | Patent | | 0.000 | 94.500 | 5.66466 | 7.684411 |

Table 2. Status of Completed Project by Year

(Unit: Billions of KRW)

| Year | Number of projects | Support amount | Average amount of support per project |
|-------|--------------------|----------------|---------------------------------------|
| 2010 | 108 | 524.5 | 4.86 |
| 2011 | 133 | 556.9 | 4.19 |
| 2012 | 165 | 967.6 | 5.86 |
| 2013 | 139 | 1,029.4 | 7.41 |
| 2014 | 174 | 1,669.2 | 9.59 |
| 2015 | 113 | 804.3 | 7.12 |
| Total | 832 | 5,551.8 | 6.67 |

Ⅲ. 연구방법

1. 분석모형 설정

본 연구는 농림축산식품 연구개발사업의 효율성 분석과 연구별 특성에 따른 효율성의 비교분석을 위한 분석모형은 크게 두 단계로 구분하여 실시되었다. 1단계에서는 함수추정에 가정이 불필요한 비모수적 효율성 측정방법인 DEA(Data Envelopment Analysis: DEA)모형을 이용하여 농림축산식품 연구개발사업의 개별사업에 대한 효율성을 측정하였다. 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 영향요인인 독립변수의 모수를 추정하는 회귀분석이 아니라 일반적으로 생산가능집합에 적용되는 기준에 따라 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출요소간의 자료를 이용하여 2010년부터 2015년까지 종료된 5개의 농림축산식품 연구개발사업

832개 과제를 대상으로 효율성 측정을 하였다.

분석 대상의 특성에 따라 투입지향 DEA모형을 이용하였으며 기술적 효율성과 규모 효율성을 구분하여 결과를 산출하기 위하여 CCR(Charnes, Cooper, and Rhodes: CCR)모형과 BCC(Banker, Charnes, and Cooper: BCC) 모형을 동시에 사용하였다. 분석을 통해 농림축산식품 연구개발사업의 효율적 연구과제와 비효율적 연구과제를 도출하고 비효율적 연구과제의 비효율성 원인을 파악하였으며 효율성이 높은 준거집단을 통하여 연구과제별 투입요소의 과다투입 규모를 도출하였다. 2단계에서는 분석대상인 농림축산식품 연구개발사업의 연구특성에 따른 집단 간 효율성에 차이를 가지는지를 파악하기 위하여 DEA모형의 분석결과인 효율성 지수에 대하여 비모수통계 기법인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 비모수통계 기법인 Kruskal-Wallis 검정방법을 적용한 이유는 비교 대상인 연구

Table 3. Input and Output Factors by Year of Analysis

(Unit: Billions of KRW, Year/Count)

| Year | Input factor | | Out factor | | |
|-------|-----------------|--------------|------------|---------|---------|
| | Research budget | Study period | Paper | Patent | |
| 2010 | Total | 524.5 | 291.0 | 780.0 | 487.5 |
| | Ratio | 9.4% | 12.3% | 11.0% | 10.3% |
| | Average | 4.86 | 2.69 | 7.22 | 4.51 |
| 2011 | Total | 556.9 | 379.0 | 844.5 | 573.3 |
| | Ratio | 10.0% | 16.0% | 11.9% | 12.2% |
| | Average | 4.19 | 2.85 | 6.35 | 4.31 |
| 2012 | Total | 967.6 | 467.0 | 1279.5 | 891.5 |
| | Ratio | 17.4% | 19.8% | 18.0% | 18.9% |
| | Average | 5.86 | 2.83 | 7.75 | 5.40 |
| 2013 | Total | 1029.4 | 383.0 | 1405.0 | 982.5 |
| | Ratio | 18.5% | 16.2% | 19.8% | 20.8% |
| | Average | 7.41 | 2.76 | 10.11 | 7.07 |
| 2014 | Total | 1669.2 | 527.0 | 2053.5 | 1209.3 |
| | Ratio | 30.1% | 22.3% | 28.9% | 25.7% |
| | Average | 9.59 | 3.03 | 11.80 | 6.95 |
| 2015 | Total | 804.3 | 315.0 | 739.0 | 569.0 |
| | Ratio | 14.5% | 13.3% | 10.4% | 12.1% |
| | Average | 7.12 | 2.79 | 6.54 | 5.04 |
| Total | Total | 5,551.8 | 2,362.0 | 7,101.5 | 4,713.0 |
| | Ratio | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | Average | 6.67 | 2.84 | 8.54 | 5.66 |

특성별 집단이 2개보다 많아 K-표본 검정이 필요하기 때문에 3개 이상의 모집단 중앙값 차이 검정에 많이 사용되는 Kruskal-Wallis 검정을 적용하였다.

2. 분석대상 및 변수선정

DEA모형의 분석 기초자료는 2010년부터 2015년도까지 종료된 1,128개 과제 중 사업미완료, 중단, 수행포기, 협약해약과제를 제외한 904개 과제를 대상으로 선정하고 산출요소인 논문과 특허 실적이 모두 존재하지 않는 과제를 제외하여 최종적으로 832개 과제를 분석대상으로 선정하였다. DEA모형은 투입요소의

사용량에 대한 산출요소의 생산량을 늘리기 위한 효율성을 측정하기 때문에 분석에 사용되는 투입요소와 산출요소는 반드시 인과관계가 존재해야 하지만 DEA모형 내에 포함된 투입요소와 산출요소가 증가할수록 비효율적 DMU를 판별하는 능력이 낮아지는 특징을 가지고 있어 효율성과 관련된 모든 투입과 산출요소를 모형에 포함한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 일이라고 하였음에도 불구하고 농림축산식품연구개발사업의 효율성 분석에 사용될 투입요소와 산출요소의 설명력을 높이고 DEA모형의 판별력 유지를 위해 본 연구에 사용될 투입 및 산출변수의 선정과 규모를 고려하였다.

분석을 위한 투입요소 및 산출요소의 기초통

Table 4. Status of Input and Output Factors by Type of Subject Research Institute
(Unit: Billions of KRW, Year/Count)

| Year | | Input Factor | | Out Factor | |
|---|---------|--------------|--------------|------------|---------|
| | | Budget | Study Period | Paper | Patent |
| Enterprise | Total | 1,497 | 701 | 895 | 1,178 |
| | Ratio | 27.0% | 29.7% | 12.6% | 25.0% |
| | Average | 5.71 | 2.68 | 3.42 | 4.50 |
| University | Total | 2,866 | 1,186 | 4,964 | 2,299 |
| | Ratio | 51.6% | 50.2% | 69.9% | 48.8% |
| | Average | 7.13 | 2.95 | 12.35 | 5.72 |
| Government-funded Research Institute | Total | 679 | 298 | 799 | 849 |
| | Ratio | 12.2% | 12.6% | 11.3% | 18.0% |
| | Average | 6.46 | 2.84 | 7.61 | 8.09 |
| Others | Total | 511 | 177 | 444 | 387 |
| | Ratio | 9.2% | 7.5% | 6.2% | 8.2% |
| | Average | 8.11 | 2.81 | 7.04 | 6.14 |
| Total | Total | 5,551.8 | 2,362.0 | 7,101.5 | 4,713.0 |
| | Ratio | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | Average | 6.67 | 2.84 | 8.54 | 5.66 |

계를 <Table 1>에서 보는 바와 같이 살펴보면 분석대상인 농림축산식품 연구개발사업 823개 과제의 투입요소는 연구예산 평균은 약 6.67억 원, 연구기간 평균은 2.84년으로 분석되며 산출요소인 논문과 특허의 평균은 각각 약 8.54건, 약 5.66건으로 나타났다. 표준편차의 경우 논문건수가 14.34로 가장 분포가 넓은 것으로 파악된다. DEA분석에 있어 각 요소의 표준편차 차이가 크면 분석결과인 효율성의 차이도 커지는 경향이 있어 동 분석에서도 효율성의 차이가 크게 나타날 것으로 예상되었다.

<Table 2>에서 보는 바와 같이 연도별 연구 과제수와 지원금액은 2014년도가 각각 174과제, 1,669.2억 원으로 가장 높게 나타났으며 2010년도가 108과제 524.5억 원으로 가장 낮게 나타났다. 과제별 평균지원액은 2013년 이후가 7억 원 이상으로 과제당 예산규모가 커진 것으로 파악되었으며 분석대상의 연도별 투입 및 산출요소 현황은 <Table 3>에서 보는 바와 같이 연구예산의 경우 2014년의 과제별 총 연구비 합계는 1,669억 원으로 분석대상 중 약 30% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 연구기간 역시 2014년이 22.3%로 가장 큰 비중을 나타내고 있으며 과제별 평균 연구기간은 3.03년으로

가장 긴 것으로 분석되었다. 산출요소에서도 2014년의 논문과 특허의 실적이 연도별 합계가 가장 큰 것으로 나타났다.

주관연구기관의 유형별 투입 및 산출요소를 살펴보면 <Table 4>에서 보는 바와 같이 대학이 투입요소 및 산출요소 모든 요소에서 차지하는 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며 특허, 산출요소 중 논문의 경우 약 70%를 차지하는 것으로 분석되었다. 과제별 평균에 있어서도 평균 논문건수가 12.35건으로 기업 3.42건, 정부출연연구소 7.61건에 비하여 상대적으로 많은 것으로 나타났으며 사업구분별 투입 요소와 산출요소의 현황은 <Table 5>에서 보는 바와 같이 전체 분석대상에서 농생명산업기술개발이 투입 및 산출요소에서 차지하는 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며 과제별 평균 투입 및 산출요소는 수출전략기술개발사업이 연구예산이 14.77억 원, 연구기간이 3.71년, 논문건수 15.55건으로 가장 평균치가 높으며, 특허건수는 기술사업화지원이 9.83건으로 가장 많은 것으로 분석되었다.

Table 5. Status of Input and Output Factors by Type of Subject Research Institute
(Unit: Billions of KRW, Year/Count)

| Year | | Input factor | | Out factor | |
|--|---------|--------------|--------------|------------|---------|
| | | budget | Study period | Paper | Patent |
| High Value-Added Food Technology Development Program | Total | 1,386 | 789 | 1,898 | 1,522 |
| | Ratio | 25.0% | 33.4% | 26.7% | 32.3% |
| | Average | 4.59 | 2.61 | 6.28 | 5.04 |
| Technology Commercialization Support Program | Total | 289 | 47 | 236 | 197 |
| | Ratio | 5.2% | 2.0% | 3.3% | 4.2% |
| | Average | 14.47 | 2.35 | 11.80 | 9.83 |
| Agri-Bio Industry Technology Development Program | Total | 2,312 | 1,062 | 3,471 | 1,971 |
| | Ratio | 41.6% | 45.0% | 48.9% | 41.8% |
| | Average | 6.32 | 2.90 | 9.48 | 5.39 |
| Export Promotion Technology Development Program | Total | 768 | 193 | 809 | 452 |
| | Ratio | 13.8% | 8.2% | 11.4% | 9.6% |
| | Average | 14.77 | 3.71 | 15.55 | 8.70 |
| Advanced Production Technology Development Program | Total | 797 | 271 | 689 | 571 |
| | Ratio | 14.4% | 11.5% | 9.7% | 12.1% |
| | Average | 8.66 | 2.95 | 7.48 | 6.21 |
| Total | Total | 5,551.8 | 2,362.0 | 7,101.5 | 4,713.0 |
| | Ratio | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | Average | 6.67 | 2.84 | 8.54 | 5.66 |

Table 6. Efficiency Measurement Result

| Division | CRS | VRS | SE |
|--------------------|-------|-------|-------|
| Average | 0.258 | 0.476 | 0.523 |
| Standard Deviation | 0.196 | 0.200 | 0.262 |

IV. 실증분석

1. 효율성 분석 결과

농림축산식품 연구개발사업의 DEA모형을 이용한 효율성 측정 결과는 크게 규모에 대한 수익불변(Constant Return to Scale: CRS)을 가정한 기술적 효율성, 규모수익가변(Variable Return to Scale: VRS)을 가정한 기술적 효율성, 기술효율성을 순수기술효율성으로 나눈 규모효율성이 포함되었으며 <Table 6>에서 보는 바와 같이 기술효율성 평균값은 0.258, 순수기술효율성 평균값은 0.476, 기술효율성을 순수기술효율성으로 나눈 규모효율성 평균값은

0.523으로 나타나 규모효율성 측정치가 순수기술효율성 측정치보다 높게 나타났다. DEA모형에 있어 결과 값인 효율성은 '0'에서 '1'사이의 값을 가지게 되며 분석방법이 분석대상 내에서 상대적 효율성을 의미하므로 분석대상 전체에 대한 효율성의 평균은 높음과 낮음을 파악하기가 어려우나 기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성의 상대적으로 각 효율성 간의 차이를 볼 때 규모의 경제로 인한 효율성이 나타나는 것으로 사료된다.

<Table 7>에서 보는 바와 같이 농림축산식품 연구개발사업의 연도별 효율성을 분석결과는 2013년 이후에 종료된 과제가 효율성이 상대적으로 높은 것으로 나타나 연도별 규모효율

Table 7. Status of Input and Output Factors by Type of Subject Research Institute

| Year | Division | CRS | VRS | SE |
|------|--------------------|-------|-------|-------|
| 2010 | Average | 0.211 | 0.453 | 0.437 |
| | Standard Deviation | 0.181 | 0.156 | 0.239 |
| 2011 | Average | 0.204 | 0.426 | 0.450 |
| | Standard Deviation | 0.171 | 0.163 | 0.236 |
| 2012 | Average | 0.249 | 0.480 | 0.498 |
| | Standard Deviation | 0.198 | 0.221 | 0.254 |
| 2013 | Average | 0.340 | 0.540 | 0.610 |
| | Standard Deviation | 0.222 | 0.222 | 0.272 |
| 2014 | Average | 0.284 | 0.456 | 0.594 |
| | Standard Deviation | 0.194 | 0.160 | 0.255 |
| 2015 | Average | 0.242 | 0.501 | 0.509 |
| | Standard Deviation | 0.162 | 0.244 | 0.262 |

Table 8. Status of Input and Output Factors by Type of Subject Research Institute

| Year | Division | CRS | VRS | SE |
|------------------------------|----------|--------|--------|--------|
| Efficient Research Project | Count | 12 | 72 | 12 |
| | ratio(%) | 1.44% | 8.65% | 1.44% |
| Inefficient Research Project | Count(%) | 820 | 760 | 820 |
| | ratio(%) | 98.56% | 91.35% | 98.56% |

Table 9. Scale Revenue Result

| Division | Count | Ratio |
|----------|-------|--------|
| CRS | 12 | 1.4% |
| DRS | 30 | 3.6% |
| IRS | 790 | 95.0% |
| Total | 832 | 100.0% |

성의 결과값에 비추어 보면 규모의 경제로 인한 효과가 영향을 미친 것으로 나타났으며 <Table 8>에서 보는 바와 같이 CCR모형에서 100%의 효율성 지수를 나타낸 과제는 12개 과제, BCC 모형에서는 72개 과제가 효율적인 것으로 분석되었으나 비효율적 연구과제는 각각 820과제(98.9%), 760과제(91.3%)로 분석되었다.

규모수익 결과는 <Table 9>에서 보는 바와

같이 832개 과제 중 규모의 수익체증의 상태에 있는 사업이 790개 과제로 약 95.0%가 규모의 경제를 실현하고 있는 것으로 나타났으며 규모의 수익체감의 상태에 있는 30개 과제는 생산요소의 증대에 따른 산출요소의 체증이 나타나지 않는 과제로 파악된다. 수익체증 상태에 있는 과제의 비중이 높다는 것은 농림축산식품 연구개발사업에 있어서 투입요소의 확대를 통

Table 10. Annual Scale Revenue Results

| Year | Count of Projects | CRS | | DRS | | IRS | |
|-------|-------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | | Count | Ratio | Count | Ratio | Count | Ratio |
| 2010 | 108 | 1 | 0.93% | 0 | 0.00% | 107 | 99.07% |
| 2011 | 133 | 2 | 1.50% | 0 | 0.00% | 131 | 98.50% |
| 2012 | 165 | 4 | 2.42% | 7 | 4.24% | 154 | 93.33% |
| 2013 | 139 | 2 | 1.44% | 15 | 10.79% | 122 | 87.77% |
| 2014 | 174 | 3 | 1.72% | 5 | 2.87% | 166 | 95.40% |
| 2015 | 113 | 0 | 0.00% | 3 | 2.65% | 110 | 97.35% |
| Total | 832 | 12 | 1.44% | 30 | 3.61% | 790 | 94.95% |

한 산출요소인 논문 및 특허 건수를 더욱 높일 수 있는 것으로 판단된다.

〈Table 10〉에서 보는 바와 같이 종료과제의 연도별 규모수익 변화는 수익체감 과제비율은 감소추세를 나타내고 있으며 수익체증 과제비율은 증가하는 추이를 보이는 것으로 나타났는데 이러한 결과는 과거보다 최근에 투입 규모가 최적규모 이상의 투입요소에 의해 수행되는 과제에 있어 과다투입이 이루어지고 있는 것이라고 해석된다.

3. 연구특성별 효율성 차이 분석

본 연구에서는 연구자원, 연구운영, 연구분야의 특성별 집단 간 효율성 차이 검증을 실시하는데 있어 검증을 위한 적합한 통계기법 선정을 위해 집단별 효율성 결과값이 정규성을 이룬다는 귀무가설을 전제로 분석의 기초자료인 집단 간 효율성 결과 값이 정규성을 가지는지에 대한 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Smirnova 과 Shapiro-Wilk 분석방법을 통해 정규성을 확인하였다. 이 두 가지 분석방법을 선택한 이유는 첫째, 일반적으로 Shapiro-Wilk 정규성 검정은 보수적으로 정규성 판별에 오류가 있거나 표본수가 충분하지 못할 경우에도 검정이 가능하기 때문이다. 둘째, Kolmogorov-Smirnova는 개방적으로 표본수가 2,000개 이상일 경우에 주로 사용되며 판별과정에서 실수가 거의 발생하지 않는 장점이 있기 때문이다.

동 분석에서 집단별 효율성 결과값은 충분한 하지 못하여 Shapiro-Wilk 정규성 검정이 적합하지만 판별의 오류를 최소화하기 위해 각각의 검정 분석방법 결과값을 확인하고자 하였다. Shapiro-Wilk 정규성 검정 결과 연구자원, 연구운영, 연구분야 모든 집단에서 유의수준 0.05에서 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되어 유형별·집단별 효율성은 정규성을 가지지 않는 것으로 나타났다.

연구자원 특성별로 연구비 규모 및 연구기간별 집단 간 차이 검정 결과는 〈Table 11〉에서 보는 바와 같이 모두 유의수준 0.05에서 귀무가설을 기각하게 되므로 집단 간 차이가 존재하는 것으로 분석되었으며 연구 운영 특성별 Kruskal-Wallis 검정 결과를 살펴보면 연구기관 유형별로는 유의확률이 0.845로 유의수준 0.05에서 통계적으로 집단 간 차이가 없는 것으로 나타났으나 과제유형별로는 집단 간 차이가 있는 것으로 분석된다. 마지막으로 연구분야 특성별로 집단 간 차이는 Kruskal-Wallis 검정 결과 유의수준 0.05에서 통계적 차이를 가지는 것으로 분석되었다.

〈Fig. 1〉에서 보는 바와 같이 연구개발비 규모별 집단 간 효율성 분석결과 연구개발비 5억원 미만의 소규모 연구의 효율성 지수 평균이 0.883으로 가장 높게 나타났으며 대규모, 중소규모, 중규모 순으로 효율성 지수 평균이 나타났다. 이는 연구개발비가 소규모일 경우에 연구성과의 효율성이 높다고 할 수 있는데 이는 대규모의 연구를 축소하고 소규모의 연구과제

Table 11. Kruskal-Wallis Test result

| | Division | Statistical Value | Group Differences |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Scale of R&D fund | Chi square | 132.527 | ○ |
| | Approximate Probability | 0.000 | |
| Study period | Chi square | 299.288 | ○ |
| | Approximate Probability | 0.000 | |
| Type of research institute | Chi square | 0.818 | × |
| | Approximate Probability | 0.845 | |
| Type of Project | Chi square | 6.860 | ○ |
| | Approximate Probability | 0.009 | |
| Division of R&D Program | Chi square | 23.096 | ○ |
| | Approximate Probability | 0.000 | |
| R&D phase | Chi square | 13.256 | ○ |
| | Approximate Probability | 0.001 | |

Fig. 1. Inter-Group Efficiency by R&D Fund

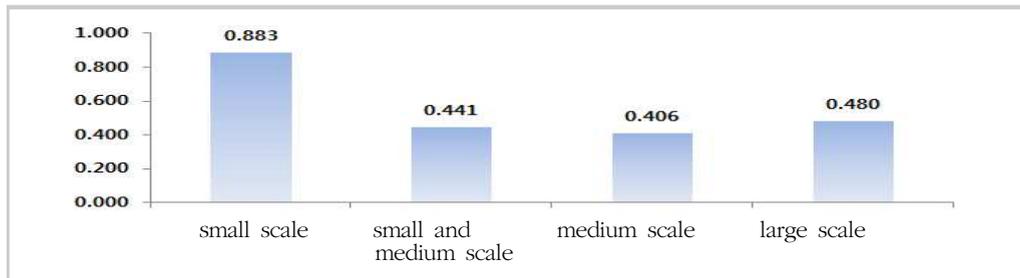
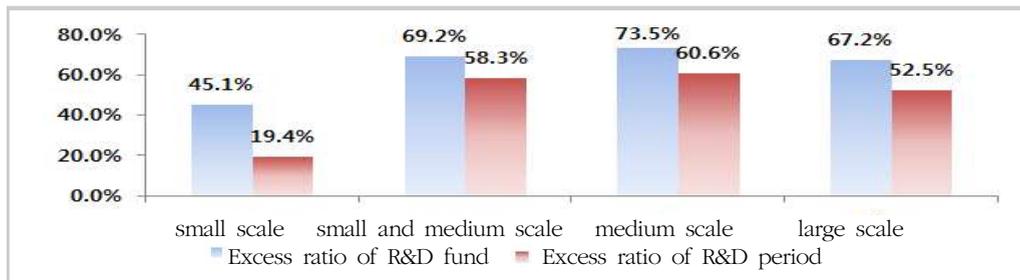


Fig. 2. Results of Excess Ratio of Input Factors among Groups by R&D Fund



를 확대할 필요성이 있음을 의미한다고 할 수 있다. 연구개발비 규모별·연구기간별 투입요소의 과다비율은 <Fig. 2>에서 보는 바와 같이 중

규모가 73.5%로 가장 높은 것으로 나타났으며 연구기간도 중기가 60.6%로 가장 높은 것으로 분석되었으며 효율성이 높은 소규모 연구과제

Fig. 3. Inter-Group Efficiency by R&D Period

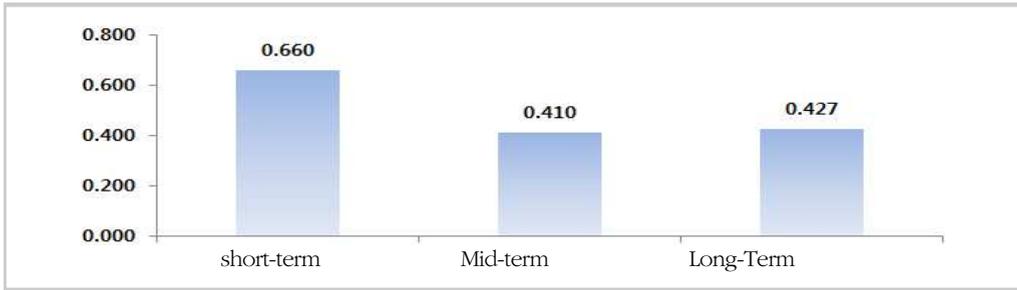
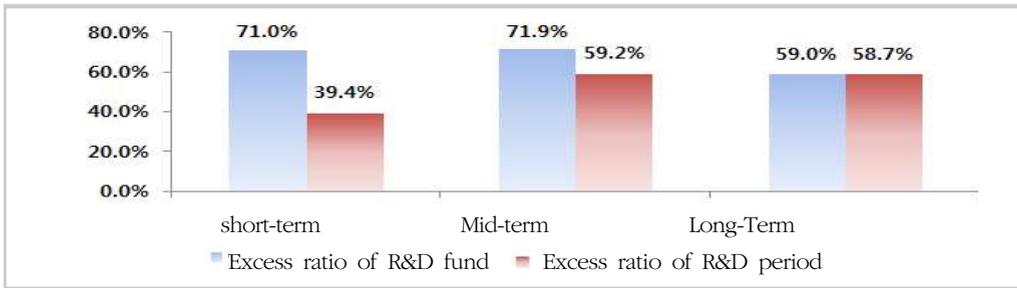


Fig. 4. Results of Excess Ratio of Input Factors among Groups by R&D Period



가 연구예산, 연구기간 과다비율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 중소기업, 중규모, 대규모 집단 간 차이가 연구개발비 사후검정 결과와 차이가 나는 이유는 연구기간에 의해서 집단 간 차이가 나타날 수 있음을 의미한다고 할 수 있다.

연구과제의 연구수행기간에 따른 집단별 효율성은 <Fig. 3>에서 보는 바와 같이 연구기간 2년 미만의 단기과제의 효율성이 가장 높게 나타났으며 장기, 중기 집단의 순으로 분석되었으나 단기 집단에 비해 효율성의 차이가 미비한 것으로 나타나 연구과제의 효율성은 연구기간이 짧을 경우 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

<Fig. 4>에서 보는 바와 같이 투입요소 중 연구예산의 과다비율은 중기(5~20억 원)가 71.9%로 가장 높게 나타났으며 단기, 장기의 순으로 과다비율이 높은 것으로 분석되었다. 연구기간의 과다비율도 중기가 가장 높게 나타

났으나 그 다음 순으로 장기, 단기의 연구과제가 높은 것으로 분석되어 앞서 분석되었던 연구개발비 규모별 집단 간 투입요소의 과다비율 차이에 비하면 집단별 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

주관연구기관 유형에 따른 연구과제의 집단별 효율성 분석결과 앞서 분석되었던 연구운영 특성별 결과와 주관연구기관별 사후검정 결과와는 다르게 <Fig. 5>에서 보는 바와 같이 주관연구기관이 기타유형인 연구과제의 효율성 지수 평균이 0.051로 가장 분석되었다. 대학, 연구소가 0.477, 기업이 0.467의 순으로 효율성 지수평균이 나타났으며 이러한 결과는 연구기관 유형이 기타인 경우 연구조합, 협회, 비영리법인, 정부조직 상 연구기관으로 구성되어 있어 민간의 경우 보다 연구 수행주체가 연구에 대한 책임성과 의무감, 조직의 문화 등의 특성이 반영된 것으로 사료된다. 투입요소 중 연구예산의 과다비율은 <Fig. 6>에서 보는 바와 같

Fig. 5. Inter-Group Efficiency by Subject Research Institute

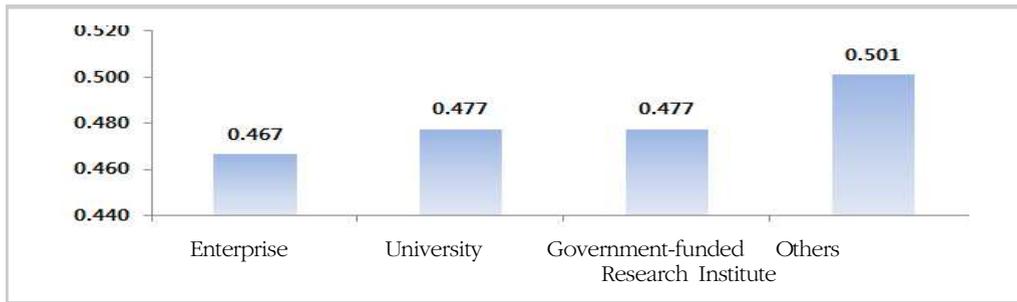


Fig. 6. Results of Excess Ratio of Input Factors among Groups by R&D Period

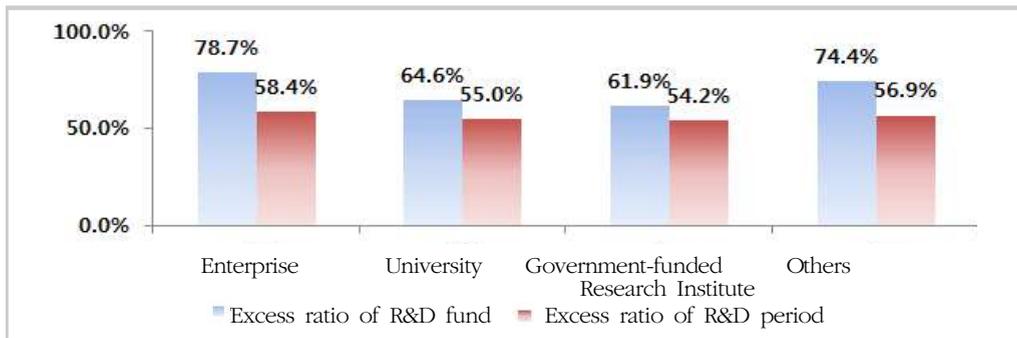
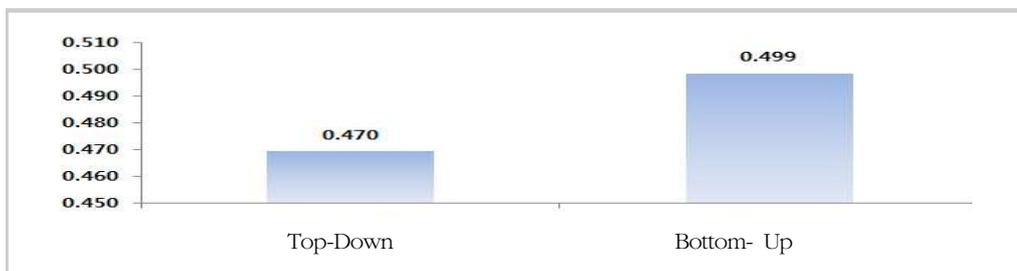


Fig. 7. Inter-Group Efficiency by Type of Project



이 주관연구기관 유형이 기업인 연구과제가 78.7%로 가장 높게 나타났으며 기타, 연구소, 대학 순으로 과다비율이 높은 것으로 분석되었다. 연구기간의 과다비율 역시 기업이 58.4%로 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 기업이 참여한 연구과제의 경우 총 연구개발비의 25%를 매칭해야 하는 의무사항이 반영되었기 때문

으로 해석된다.

과제유형에 따른 연구과제의 집단별 효율성은 <Fig. 7>에서 보는 바와 같이 자유응모 유형의 연구과제 효율성지수 평균이 0.499로 지정 공모 유형의 연구과제 효율성 지수 0.470 보다 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 정책적으로 시급하거나 현안 문제해결을 위해 정부에서 지

Fig. 8. Results of Excess Ratio of Input Factors among Groups by Type of Project

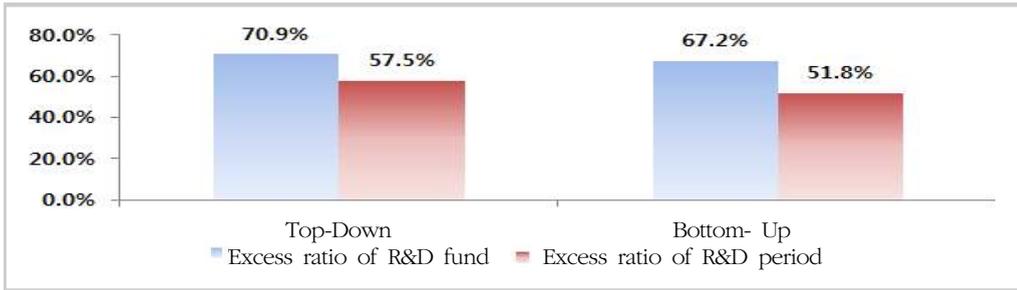


Fig. 9. Inter-Group Efficiency by Division of R&D Program

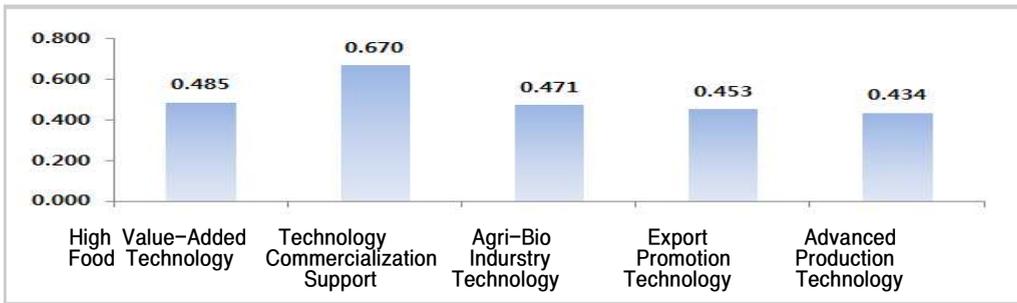
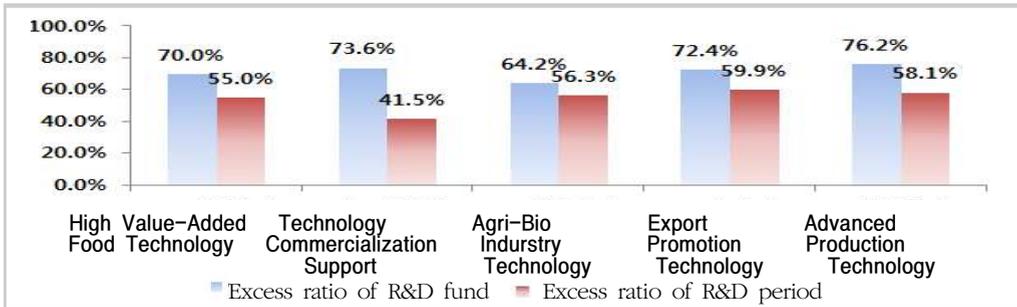


Fig. 10. Results of Excess Ratio of Input Factors among Groups by Division of R&D Program



정하여 공모하는 연구과제의 효율성이 연구자가 자유롭게 발굴하여 공모하는 연구과제의 효율성 보다 낮은 것을 의미하는 것으로 자유응모 유형의 연구과제 비중을 확대할 필요가 있다고 해석되었다. <Fig. 8>에서 보는 바와 같이 연구예산은 지정공모 집단에서 과다비율은 70.9%로 자유응모 집단에서 보다 높게 나타나

고 있으며 연구기간 역시 지정공모가 자유응모 51.8% 보다 높은 57.5%를 나타내는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 연구과제의 유형에 있어 자유응모과제의 비중이 클 경우에 효율성 확보 가능성이 높다는 것으로 연구개발사업 추진 시 지정공모과제의 비중을 축소할 필요성이 있다고 해석되었다.

농림축산식품 연구개발사업 구분에 따른 연구과제의 집단별 효율성 분석결과(〈Fig. 8〉)에서 보는 바와 같이 기술사업화지원사업의 효율성 지수 평균이 0.670으로 가장 높게 분석되었으며 그 다음으로 고부가가치식품기술개발사업, 농생명산업기술개발사업, 수출전략기술개발사업, 첨단생산기술개발사업 순으로 효율성 지수 평균이 나타나 후속연구지원 성격의 기술사업화지원사업 투자를 확대할 필요성이 있는 것으로 분석되었다. 연구개발사업 구분별 집단 간 투입요소의 과다비율은 첨단생산기술개발사업이 연구예산의 과다비율이 76.2%로 가장 높게 나타났으며 농생명산업기술개발사업이 64.2%로 가장 낮게 나타났다. 연구기간의 과다비율은 〈Fig. 9〉에서 보는 바와 같이 수출전략기술개발사업이 72.4%로 가장 높게 나타났으며 기술사업화지원사업이 41.5%로 가장 낮은 것으로 분석되었는데 기술사업화지원사업을 제외한 타 연구개발사업의 경우 연구기간과 연구예산의 과다비율 차이가 미미하게 나타났으나 기술사업화사업의 연구예산 과다비율이 높은 수준으로 사업구분별 집단별 효율성 결과와 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 정부 부처가 아닌 민간이 주도하는 농림 R&D 분야에서 처음으로 시도하는 효율성 분석하였으며 사업뿐만 아니라 대상사업의 과제를 기준으로 투입지향 DEA 모형을 활용하였으며 효율성 측정을 위한 실증분석에 앞서 분석변수의 선정에 관한 기초통계량 분석을 통해 변수 후보들 간의 유의미한 차이들을 분석하여 분석변수의 신뢰도를 높이고자 하였다. 분석대상은 2010년부터 2015년도까지 종료된 5개 사업의 1,128개 과제 중 특허와 논문이 연구성과로 발생한 832개 과제로 한정하여 기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성을 측정하였다. 또한 Kruskal-Wallis 검정을 사용하여 연구자원, 연구수행 주체 및 과제유형, 사업유형 및 연구개발단계 등 연구자원, 연구운영, 연구분야의 연구특성별 효율성의 차이를 비교분석

하였다. 효율성 측정을 위한 분석방법으로는 DEA모형 중 투입지향모형을 이용하였으며 연구개발사업의 특수성을 고려하여 통제가 불가능한 연구예산, 연구기간을 투입요소로 선정하고 연구개발과제를 통해 도출된 연구성과 중 특허건수, 논문건수를 산출변수로 활용하였다. 연구 특성별 집단에 따라 효율성의 차이를 확인하기 위하여 효율성 지수를 기준으로 집단 간 차이 유무를 분석하고 집단별 차이가 나타나는 연구특성에 대해 사후검정을 통한 특성별 집단 간 비교분석을 실시하였다.

효율성 분석 결과 832개의 과제 중 12과제가 효율적인 과제로 나타났으며 BCC 모형에서는 효율적이지만 CCR 모형에서 비효율적으로 나타난 60개 과제는 규모의 경제로 인한 효율적인 연구수행이 이루어지는 것으로 분석되었고 수익체중(IRS) 상태인 790개 과제는 과소투입, 수익체감(DRS) 상태인 30개 과제는 과다투입된 것으로 나타났다. 수익체중 상태는 규모의 확장에 따라 산출물이 증가하는 것으로 790과제는 규모의 확충이 필요하며 규모의 확장 시 효율성이 감소되는 상태인 30개 과제는 규모의 축소를 통해 효율성을 높일 필요성이 있는 것으로 분석되었다. 연구자원 특성별 집단 간 효율성 비교분석 결과 연구개발비의 경우 연구개발비 5억 원 미만의 소규모 연구의 효율성 지수 평균이 가장 높게 나타났으며 대규모, 중소기업, 중규모 순으로 효율성 지수 평균이 나타났다. 이는 연구개발비가 소규모일 경우 연구성과의 효율성이 높다는 것으로 대규모 연구를 축소하고 소규모 연구과제를 확대할 필요가 있으며 과제유형에 따른 연구과제의 집단별 효율성은 자유응모과제 효율성지수 평균이 지정공모과제 효율성 지수 보다 높게 나타나 정책적으로 시급하거나 현안 문제해결을 위해 정부에서 지정하여 공모하는 연구과제의 효율성이 연구자가 자유롭게 발굴하여 공모하는 연구과제의 효율성 보다 낮다는 것으로 자유응모과제의 비중을 확대하여 효율성을 제고할 필요가 있다. 또한 연구분야 특성별 집단 간 효율성 비교분석 결과 기술사업화지원사업의 효율성 지수 평균이 가장 높게 나타나 기존의 선행연구를 기반으로 특허 등을 보유하고 상품화를 위한

제품개발이라는 특성을 가진 후속연구지원 성격의 연구개발사업의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있어 후속연구지원 성격의 지원사업의 투자를 확대하거나 또는 타 사업 내에 내역사업을 신설하여 각 사업마다 후속 연구의 지원 확대 방안을 기획단계에 반영시킬 필요가 있다.

국가연구개발사업의 특성과 자료수집의 한계로 연구인력을 투입변수에서 제외하였으며 산출변수를 특허와 논문에 한정하고 연구개발사업의 대외적 환경과 제도 등을 반영하지 못하는 한계점을 가지고 있어 투입변수와 산출변수, 분석대상과제 선정에 있어 가중치와 기여율이 정확하게 반영된 객관적인 성과데이터 확보가 가능하다면 종속변수인 효율성 값에 영향을 미치는 1인당 연구비, 지역, 참여연구원의 숙련도 등을 독립변수로 하는 토빗회귀 분석을 통해 효율성에 영향을 미치는 요인을 규명하는 좋은 연구가 될 것으로 생각된다. 또한 연구성과의 평가에서는 도출된 성과의 가중치의 차등 없이 실적을 활용하지만 각 연구개발사업의 특

성과 외부 환경적인 요인을 반영한 효율성 분석결과를 사업에 적용하는 것이 필요할 것으로 생각되며 동일집단 내 효율성 분석을 하는 DEA모형의 특성을 고려하여 타 부·청 연구개발사업 중 유사한 사업 및 유사기술 분야를 집단으로 구분하여 효율성을 비교 분석하는 연구를 진행하는 것도 향후 필요한 연구주제가 될 것이다.

마지막으로 농림축산식품 분야 R&D 사업이 23개 사업 2,339억으로 확대되고 연구개발사업 분야도 점점 다양화되고 있으나 타 부·청 연구개발사업 보다 규모가 작고 역사가 짧은 점을 감안하면 신규사업 및 다부처 사업 등이 포함된 전체 연구개발사업에 대한 체계적인 분석이 필요하며 사업의 일몰을 대비한 사업 재기획 및 신규사업 요구가 증대하고 있는 상황에서 분석결과를 근거로 연구개발사업 추진체계 개편 및 사업기획에 반영하는데 유용한 자료로 활용되기를 기대한다.

References

- Ahn, Seung-Gu and Joo-Il, Kim (2016) *Government Research and Development Budget Analysis in the FY 2016* (2017-001), Seoul: KISTEP.
- Choi, Jae-Wook (2013), *An Efficiency Analysis of Fishery Technology Development Program for Commercialization* (Doctoral Dissertation), Busan: Pukyong University.
- Cho Nam-kwon, Gyu-hwan Kim and Seok-jin Lee (2018) "Analysis of R&D Efficiency for Small and Medium Enterprises using DEA", *The Journal of Intellectual Property* 13(2), 207-236.
- Cho, Nam-Jun (2014), *Analysis of Efficiency and Productivity Change in Agricultural R&D Program* (Doctoral Dissertation), Seoul: Sungkyunkwan University.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes(1978) "Measuring Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operations Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
- Farrell, M. J (1957) "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Hsu, F. M. and C. C. Hsueh (2009) "Measuring Relative Efficiency of Government-sponsored R&D Projects: A Three-stage Approach", *Evaluation and Program Planning*, 32(2), 178-186.
- Im, Gil-Hwan (2015) *National R&D Policy Evaluation*, Seoul: NABO
- Kim, Jae-Kyung and Bong-Soo Lee (2019) "An Empirical Study on Performance Determinants Influencing Re-investment of Multinational Enterprises", *Korea Trade Review* 44(1), 87-99.

- Jin, Hong-Goo (2015) “A Study on the Conclusion Strategy and Agricultural and Fishery Sector Plans under Korea’s FTA”, *Korea Trade Review* 40(2), 161-189.
- Kim, Jun-Hyun (2016) *Study on Efficiency of Agricultural R&D Investment in the Global Open Market* (Doctoral Dissertation), Yongin, Korea: Dankook University.
- Kim, Jun-Hyun and Bong-Soo Lee (2016) “Study on Efficiency of Agricultural R&D in Global Open Market”, *Journal of International Trade & Commerce*, 12(5), 467-483.
- Kim, Sung-Hwan (2016) “The Effects of R&D Investment and Patent Acquisition Activities of Exporting SMEs on Job Creation: The Case of Korea” *Journal of International Trade & Commerce*, 12(1), 435-442.
- Kim, Tae-Hee, In-Ho Kim, Sung-Bong Ahn and Kye-Suk Lee (2009) “A Way to Enhance Efficiency of Nuclear Program in Korean R&D Program by Data Envelopment Analysis” *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 12(1), 70-87.
- Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (2014), *Agriculture, Forestry and Food R&D Statistics Report*, Author. Anyang: IPET.
- Kwon, Oh-Sang (2014), *Analysis Outcomes factor of Agricultural R&D Programs*, Seoul: KREI.
- Lee, Cheol-Haeng and Keun-Tae Cho (2014) “Efficiency Analysis and Strategic Portfolio Model of National Health Technology R&D Program Using DEA”, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 40(2), 172-183.
- Lee, Hyung-Jin (2015), *A Study on Analyzing The Efficiency of Defense R&D Projects* (Doctoral Dissertation), Seoul: Konkuk University.
- Lee, Jun-Bae (2013) *DEA Management efficiency*. Seoul: Book Publishing Myeongjin
- Lee, Jung-Dong and Dong-Hyun Oh (2012) *Efficiency Analysis Theory*. Seoul: Media Jiphil
- Lee, Seoung-Taek and Neung-Ho Han (2017) “A Study on the main Function of innovative Food Cluster Organization”, *Korea Trade Review* 42(1), 237-256.
- Lee, Yang-Seung (2013) “Impact of Political Uncertainty on R&D Activities in the Private Sector”, *Journal of International Trade & Commerce*, 9(5), 345-370.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2015), *2016 Budget and Fund Management Plan*, Sejong, Korea: Author
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2016) *2016 Request for R&D Budget*, Sejong, Korea: Author
- Park, Chang-Il and Ho-Joon Seo (2018) “The Efficiency and Productivity Change in the National R&D Projects of 6T Sectors”, *Journal of Industrial Economics and Business* 31(1), 293-325.
- Park, Han-Seok (2014), *Measurement of R&D efficiency in NT and BT fields using DEA* (Doctoral Dissertation), Seoul: Sungkyunkwan University.
- Park, Jung-Hee (2010), *An Efficiency Analysis using DEA for National R&D Program for Regional Industrial Technology* (Doctoral Dissertation), Seoul: Konkuk University.
- Park, Man-Hee (2008) *Efficiency and Productivity Analysis*. Seoul: Korea Studies Information
- Park, Sang-Hyuk, Seung-Heon Han and Dae-Hwan Kim (2007) “Data Envelopment Analysis for Evaluating Construction R&D Efficiency” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2007(67), 256-261.
- Park, Seok-Jong, Kyung-Hwa Kim and Sang-Gi Jeong (2011) “The Study on the Efficiency R&D Programs Regarding to the S&T Outcomes”, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 14(2), 205-222.

- Park, Sung-Min (2011) “Empirical Analysis of DEA models Validity for R&D Project Performance Evaluation” *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 24(4), 314-322.
- Park, Youn-Ju (2008), *A study on the efficiency analysis of health promoting school using DEA(data envelopment analysis) model* (Doctoral Dissertation), Seoul: Hanyang University.
- Sang-hyuk Lee and Yun-Bae Kim (2018) “Efficiency Analysis for R&D Management according to Operation Type of Funding Agencies”, *Journal of Korea Technology Innovation Society* 21(4), 1345-1365.
- Seo, Dae-Gyo and Jin-Tae Hwang (2012) “Stochastic Frontier Analysis for Operational Efficiency in Life Insurance” *Journal of insurance and finance*, 23(3), 3-32.
- Um, Ik-Cheon, Se-Ho Hong and Cheol-Woo Bak (2015, November 16-17) “Efficiency Analysis of National R&D Program in Drug Development Fields Using DEA”, 2015 The Korea Technology Innovation Society Annual Symposium, Jeju, Korea.
- Wang, E. C. and W. Huang (2007) “Relative efficiency of R&D activities: a cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach”, *Research Policy*, 36(2), 260-273.
- Woo, Chung-won (2019) “A Study on R&D Efficiency of Clean Technology: Focused on New and Renewable Energy R&D Projects”, *Journal of Korea Technology Innovation Society* 22(4), 690-708.