

DEA 윈도우 분석을 이용한 정부출연연구기관의 연구개발 사업화 동태적 효율성 분석*

이성희¹ · 김태수² · 이학연^{3†}

¹서울과학기술대학교 IT정책전문대학원/한국전자통신연구원 SW-SoC융합R&BD센터

²국가과학기술연구회 융합연구본부

³서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과

Measuring the Dynamic Efficiency of Government Research Institutes in R&D and Commercialization by DEA Window Analysis

Seonghee Lee¹ · Taesoo Kim² · Hakyeon Lee³

¹Graduate School of Public Policy and Information Technology, Seoul National University of Science and Technology/Electronics and Telecommunications Research Institute

²Directorate of Convergence Research Department, National Research Council of Science and Technology

³Department of Industrial and Systems Engineering, Seoul National University of Science and Technology

■ Abstract ■

Government-funded research institutes (GRIs) have played a pivotal role in national R&D in Korea. To achieve desired goals of GRIs with the limited R&D budget, their performance along with time needs to be measured and compared so that appropriate R&D policies can be formulated and implemented. This study measures the dynamic performance of GRIs from the efficiency perspective using the window model of data envelopment analysis (DEA). DEA is a non-parametric approach to measuring the relative efficiency of decision-making units (DMUs) with multiple inputs and outputs, and the DEA window model can capture the dynamic changes in efficiency of DMUs during multiple periods. The relative efficiency of GRIs is measured from the two perspectives: R&D and R&BD. Patents, papers, technology transfers are selected as outputs for R&D while compensated technology transfers and technology royalty are employed as outputs for R&BD. This study measures and compares the two types of performance of 20 Korean GRIs under the control of National Research Council of Science and Technology during the period of six years from 2008 to 2013. The results are expected to provide fruitful implications for national R&D policy making.

Keywords : Government-funded Research Institute (GRI), R&D Performance, R&BD, Technology Commercialization, Data Envelopment Analysis (DEA), DEA Window Analysis.

논문접수일 : 2015년 10월 14일 논문게재확정일 : 2015년 12월 15일

논문수정일 : 2015년 12월 09일

* 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다(2015-0715).

† 교신저자, hylee@seoultech.ac.kr

1. 서 론

세계 각국은 새로운 지식의 창출과 확보를 위한 경쟁을 치열하고 전개하고 있으며, 새로운 산업 발전의 기회를 창출하고자 노력하고 있다. 우리나라 정부출연연구기관(이하 정부출연연)들은 지난 40여년 동안 이러한 국가적 과제들을 해결하기 위해 많은 노력을 해 왔으며, 많은 성과를 창출하여 국가 경제발전에 상당한 기여를 해왔다. 그러나 과거에 비해 정부출연연의 국가경쟁력 제고를 위한 역할과 위상은 점점 낮아지고 있는 상황이며, 투자 효율성에 대한 우려가 지속적으로 제기되고 있다. 실제로 특허와 SCI 논문 편수 등의 양적 지표로는 각각 세계 4위와 10위 수준으로 괄목할만한 성장을 지속해 왔지만, 기술료 수입을 고려한 연구 생산성은 2012년 4.52%에서 2013년 3.93%로 점점 낮아지고 있다. 국가 R&D 예산은 1964년 20억 원에서 시작하여 매년 급속한 증가가 이루어져, 2015년에는 18조 8,000억 원에 달하며, 이는 국내총생산(GDP)대비 R&D 투자율에 있어서 4.15%로 세계 1위 수준이나, R&D 투자 효율성은 OECD 평균수준으로 선진국보다 낮은 수준에 그치고 있다. 이에 국가 R&D 효율성 제고에 대한 목소리가 높아지고 있으며, 이를 위해 국가 R&D의 중추적인 역할을 담당하는 정부출연연의 성과 평가에 있어서 질적 성과를 반영한 투자효율성 측면이 강조되고 있다.

정부출연연의 R&D 성과측정은 전통적으로 계량서지학적 기법(bibliometric method)이 주로 활용되어 왔다[12]. 논문 편수나 특허 건수 등과 같은 정량적인 산출 지표를 바탕으로 연구 성과를 측정하는 계량서지학적 방법은 평가 비용 효율성이 높고, 결과의 객관성을 확보할 수 있다는 장점으로 인해 국내외 정부출연연 평가에 널리 활용되어 왔다. 그러나 한정된 예산을 가지고 연구활동을 수행하는 정부출연연의 경우 투입 측면을 고려한 효율성 관점의 평가가 중요함에도 불구하고, 단순히 산출물 위주의 양적 지표들만으로 연구 성과를 평가하는 것은 투자 효율성 측면을 고려하지 못 한다는 문제가 있다.

이에 최근 들어 기업[1, 4, 6, 10] 및 공공기관[2]의 효율성 측정에 널리 활용되어 온 비모수적 효율성 측정 기법인 자료포락분석(data envelopment analysis : DEA)을 활용하여 정부출연연의 R&D 성과를 평가하려는 시도가 활발히 이루어져 왔다. DEA는 다수의 투입 요소(input)와 산출요소(output)를 갖는 의사결정단위(decision making unit : DMU)의 상대적 효율성을 측정하는 선형계획 모형이다[24]. 해외의 경우 프랑스[17], 벨기에[37], 스페인[40], 대만[36], 중국[38] 등 다양한 국가의 정부출연연 또는 공공연구소에 대한 성과 평가에서 DEA가 활용되어왔으며, 우리나라[3, 31] 정부출연연 성과 평가에도 DEA를 활용한 시도가 일부 이루어져왔다.

그러나 대부분의 선행연구들은 DMU의 특정 기간 동안의 정태적 효율성을 측정하는 것을 목적으로 했기 때문에, 정부출연연의 시간에 따른 효율성 변화를 파악할 수 없다는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 시간의 변화에 따른 효율성의 동태적인 변화를 추적하여 각 DMU의 시계열적인 성장성, 안정성 등을 측정할 수 있는 DEA 윈도우 분석을 활용하여 정부출연연들의 동태적 연구개발 효율성 변화를 분석한다. 또한 대부분의 기존연구들은 기술이전 등의 기술 사업화를 고려한 R&BD(research and business development) 측면의 성과보다는 논문 및 특허 등을 산출변수로 설정하여 R&D 성과 위주의 평가에 치중했다. 그러나 정부출연연의 미션이 유망기술 개발을 통한 산업 파급이라는 점을 고려할 때, 사업화 측면의 성과 측정이 반드시 이루어져야 한다. 이에 본 연구에서는 R&D 성과와 함께 유상기술이전건수, 기술료 수입 등을 반영한 R&BD 성과를 함께 측정한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 선행연구들에 대한 고찰이 이루어지고 제 3장에서는 연구 프레임워크 및 분석 기법, 분석 자료 등을 포함한 연구 방법에 대해 설명한다. 제 4장에서는 R&D 효율성을 측정하고 제 5장에서는 기술사업화를 중심으로 R&BD 효율성을 측정한다. 끝으로 제 6장에서는 본 연구의 의의와 한계점 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. DEA를 이용한 정부출연연 성과 평가 연구

DEA는 생산함수에 대한 가정 없이 다수의 투입 요소와 산출요소를 반영하여 DMU의 상대적 효율성을 측정하는 비모수적 기법이다[8, 9]. DEA의 이러한 특성은 R&D 성과 평가에 매우 적합하다. 첫째, R&D의 투입 및 산출요소의 상대적 중요도를 사전에 설정할 필요가 없고, 둘째, R&D의 투입과 산출의 관계를 특정한 생산 함수로 가정할 필요가 없으며, 셋째, R&D의 다양한 투입 및 산출 요소를 반영하여 성과 측정이 가능하다. 이러한 장점으로 인해 DEA는 국가[26, 30, 32, 42, 43, 44, 47], 대학[12, 13, 14, 22, 25, 29], 프로젝트 등 다양한 수준에서의 R&D 활동의 효율성 평가에 널리 활용되어 왔다.

최근에는 국내외 정부출연연의 R&D 효율성 평가에도 DEA가 널리 활용되고 있다. Bonaccorsi et al.[17]은 10개의 투입과 산출변수를 사용하여 213개의 프랑스 정부출연연들과 27개의 이탈리아 정부출연연들의 상대적 효율성을 측정하였다. Meng et al.[38]은 계층분석과정(analytic hierarchy process : AHP)과 결합한 “2단계 DEA” 기법을 개발 및 적용하여 중국의 15개 정부출연연들의 상대적 효율성을 측정하였다. Liu and Lu[36]는 대만의 32개 출연연의 성과를 평가하기 위해 네트워크 분석과 DEA를 결합하여 활용하였다. 국내에서는 남인석, 송윤영, 정병호[3]가 2004년도 정부출연연들의 연구성과 자료를 바탕으로 AHP 기법을 이용하여 가중치의 범위에 제한을 두어 19개 정부출연연의 상대적 효율성을 측정하였다. Lee and Lee[31]는 2008년부터 2010년까지 10개 정부출연연에서 수행된 1481개의 연구과제를 DMU로 간주하고, 개별과제의 효율성 점수를 종합하여 정부출연연의 R&D 성과를 측정하는 상향식 DEA 접근방법을 제시하였다.

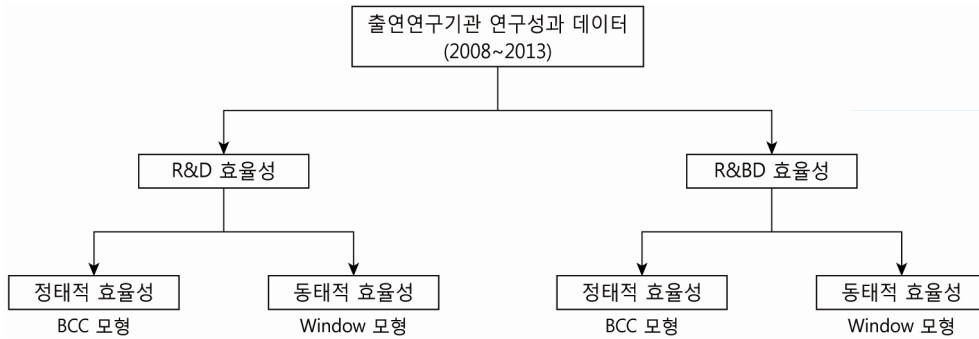
그러나 위의 선행연구들 모두 특정 년도에 수집된 데이터를 기반으로 해당 년도에 대한 정태적 효율성

을 분석하는데 초점을 두고 있다. 효과적인 과학기술정책을 수립하고, 평가결과에 따라 한정된 국가 R&D 예산을 효율적으로 배분하기 위해서는 시간에 따른 정부출연연들의 연구성과의 변화를 분석할 필요가 있다. 이에 본 연구는 DEA 윈도우 분석 기법을 활용하여 정부출연연의 동태적 효율성 변화를 측정한다. 또한 대부분의 연구들이 특허 및 논문 등 직접적인 R&D 산출물만을 DEA의 산출 변수로 고려하여 R&D의 효율성을 측정하였을 뿐, 사업화 관련성과를 고려하지 못 했다는 한계가 있다. Bonaccorsi et al.[17]은 논문만을 산출변수로 포함하였으며, Meng et al.[38]은 논문, 특허, 외부 연구비 수주와 함께 인력양성 등을 산출변수로 설정하였다. 다만 Liu and Lu[36]는 기술료 수입을 산출 변수로 포함하였으나, 이는 전체 R&D 산출물의 일부로 간주한 것일 뿐, 기술 사업화만의 효율성을 별도로 측정하는 것은 아니다. 이에 본 연구는 R&D 성과와 사업화 관점의 R&BD 성과를 분리하여 효율성의 동태적 변화를 측정한다.

3. 연구 방법

3.1. 연구 프레임워크

본 연구는 <그림 1>의 구조로 수행된다. 먼저, 분석 대상(DMU)인 정부출연연을 선정하고 정부출연연의 연구성과 데이터를 수집한다. 정부출연연의 효율성은 크게 두 가지 관점에서 측정된다. 전통적으로 강조해 온 SCI 논문 편수나 특허 건수와 같은 산출 변수를 활용한 R&D 효율성과, 기술료 수입이나 유상 기술이전건수 같은 사업화 관련성과 변수들을 바탕으로 R&BD 효율성 분석을 실시한다. 효율성은 DEA를 통해 측정되며, R&D와 R&BD 모두 정태적 분석과 동태적 분석을 함께 수행한다. 정태적 효율성 분석을 위해서는 DEA의 BCC 모형을 사용하며, 동태적 효율성 측정에는 DEA 윈도우 분석을 수행한다. DEA 모형에 대한 설명은 다음 절에 제시되어 있다.



<그림 1> 연구 프레임워크

3.2 DEA 모형

DEA는 다수의 투입요소와 산출요소를 갖는 의사 결정단위의 상대적 효율성을 측정하는 선형계획모형이다. DEA에서 효율성측정은 투입요소와 산출요소의 가중합의 비율로 정의되며, DMU들의 효율성이 1을 넘지 않는 범위 내에서, 측정하려는 대상 DMU의 효율성을 최대로 하는 가중치를 선형계획법 모형을 통해 산출하여 효율성을 측정한다. 효율성이 1인 DMU는 효율적이라고 간주하고 1 미만의 효율성을 가지는 DMU는 비효율적인 것으로 간주한다.

DEA 적용에 있어 가장 중요한 의사결정 중 하나는 다양한 DEA 모형 중 가장 적합한 모형을 선택하는 것이다. Charnes et al.[20]이 제시한 최초의 DEA 모형인 CCR 모형은 규모의 수익 불변(constant returns to scale : CRS)을 가정하는 반면, Banker et al. [16]은 규모의 수익 가변(variable returns to scale : VRS)을 가정하는 BCC 모형을 제시하였다. 또한 DEA 모형은 효율성 개선 목적에 따라 주어진 산출 수준에서 투입을 최소화 하는 투입지향(input-oriented) 모형과 주어진 투입 수준에서 산출을 최대화 하는 것을 목적으로 하는 산출지향(output-oriented) 모형으로 구분될 수 있다. 다양한 형태의 DEA 모형이 R&D 효율성 평가에 활용되어 왔으나 많은 연구에서 산출지향 BCC 모형을 채택하였다[3, 31, 33]. 이는 R&D 효율성 개선 목적이 연구원 또는 연구비 등의 투입을 줄이는 것보다 산출을 극대화하는 것에 있다고 볼 수 있고 R&D 활동의 규모의 수익이 불변이라고 가정할 수 있는 근거가 없기 때문이다. 이에

본 연구에서도 산출지향 BCC 모형을 활용하여 정부 출연연의 R&D 및 R&BD 효율성을 측정한다. 산출지향 BCC 모형은 아래와 같은 선형계획모형으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \eta \\
 \text{s.t.} \quad & X\lambda \geq x_0 \\
 & Y\eta_0 - Y\lambda \leq 0 \\
 & e\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

여기서 x_0, y_0 는 DMU0의 투입물과 산출물 벡터이고, X 와 Y 는 각각 전체 DMU 들의 투입물과 산출물 행렬을 나타내며, λ 는 가중치 벡터, η 는 효율성 점수의 역수이다.

한편, 위에서 설명한 DEA 기본 모형들이 특정기간 내의 정태적 효율성 측정을 하는 반면, 윈도우 모형은 특정 DMU에 대해 시간의 변화에 따른 효율성의 동태적인 변화 추이를 확인할 수 있다. 윈도우 분석은 효율성을 측정할 총 기간에 걸쳐 투입요소와 산출요소의 데이터를 수집하고, 효율성 추세변화 관찰기간인 윈도우 폭을 결정한다. 윈도우 폭이 너무 작으면 정태적 분석과 차이가 없고 너무 크면, 윈도우 분석기간이 너무 길어 추세 파악이 어렵다. 윈도우 폭이 결정되면, 각 윈도우에 대한 관찰치의 수는 일정하게 되고 윈도우 효율성 평가는 이동평균법처럼 순차적으로 윈도우 분석이 진행되게 된다. 따라서 <표 1>처럼 윈도우 폭이 p 라고 한다면, 윈도우의 수 (w)는 $k-p+1$ 이며, 처음 p 기간동안을 분석하고 다

음 분석은 이전 분석에서 첫 기간을 빼고 다음기간을 추가하여 새로운 윈도우분석을 하면서, 최종기간인 k까지 이 과정을 반복한다. DEA 윈도우 모형의 핵심은 서로 다른 기간에 속한 DMU들을 준거집단으로 하여 개별적인 DMU들을 평가함으로써 동일한 DMU라 하더라도 윈도우 설정기간이 다르면 서로 다른 DMU로 비교 평가하여 동일한 DMU가 시간경과에 따라 효율성이 어떻게 변화하는지 분석이 가능하다는 것이다. 본 연구도 윈도우 모형을 활용하여 정부출연연들의 동태적 효율성 변화를 측정한다.

3.3 분석 대상

대한민국은 과학기술분야 발전을 위해 경직된 운

영체계를 개선하여, 정부출연연의 자율성과 독립성을 보장하고, 기관간의 협력과 유기적인 연결을 위해 1999년부터 연구회체제를 도입해왔다. 현재 정부출연연은 기초·원천 기술분야와 산업·응용 기술 분야가 통합되어 국가과학기술연구회에서 관리되고 있다. 본 연구에서는 국가과학기술연구회 산하 25개 정부출연연 중 부설연구소를 제외한 20개 기관을 분석 대상으로 선정하였다. 분석에 사용한 데이터는 2008년부터 2013년까지 6년 동안 수집된, 20개 정부출연연들의 연구성과 데이터이다. 이들 데이터는 자료의 객관성과 신뢰성을 확보하기 위해 국가과학기술연구회의 협조를 통해 수집되었다. 본 연구에서 DMU로 선정된 20개 정부출연연은 아래 <표 2>와 같다.

<표 1> DEA 윈도우 분석 틀

윈도우 \ 기간	1	2	3	.	.	k-p+1	.	k
1	1	.	p					
2		1	.	p				
3			1	.	p			
.				
w						.	.	k

<표 2> 분석대상 정부출연연

연번	정부출연연	연구분야
1	한국과학기술연구원(KIST)	로봇미디어, 뇌 과학, 의 공학 등, 기초·원천 융합기술
2	한국기초과학지원연구원(KBSI)	바이오 융합, 환경·소재 분석 기술 등 기초·원천기술
3	국가핵융합연구소(NFRI)	플라즈마 응용기술, 핵융합로 등 핵융합기술
4	한국천문연구원(KASI)	광학천문분야, 우주과학기술 등 천문과학기술
5	한국생명공학연구원(KRIBB)	바이오 신약, 바이오 융합, 유전자기술 등 생명공학기술
6	한국과학기술정보연구원(KISTI)	슈퍼컴퓨팅, 첨단정보융합기술 등 정보기술
7	한국한의학연구원(KIOM)	한의학 응용기술 등 한의학기술
8	한국생산기술연구원(KITECH)	뿌리산업기술, 융복합 생산기술 등 산업생산기술
9	한국전자통신연구원(ETRI)	소프트웨어 콘텐츠, 통신·인터넷기술 등 IT기술
10	한국건설기술연구원(KICT)	국가시설 인프라, 구조융합기술 등 건설기술
11	한국철도기술연구원(KRRI)	미래교통시스템, 고속철도, 자기부상철도 등 철도기술
12	한국표준과학연구원(KRISS)	국가측정표준 보급 및 서비스 등 측정과학기술
13	한국식품연구원(KFRI)	식품분야 산업 원천기술
14	한국지질자원연구원(KIGAM)	미래석유, 광물, 지하수자원 등 지질자원기술
15	한국기계연구원(KIMM)	나노 융합기계, 첨단생산장비 등 국가기계기술
16	한국항공우주연구원(KARI)	항공, 인공위성, 로켓 등 항공우주기술
17	한국에너지기술연구원(KIER)	화석에너지, 신재생에너지 등 에너지기술
18	한국전기연구원(KERI)	전기기기, 전기부품·소재 등 전기기술
19	한국화학연구원(KRICT)	온실가스, 바이러스시험 등 화학관련 융복합기술
20	한국원자력연구원(KAERI)	초고온가스로, 일체형원자로 등 원자력기술

3.4 변수

투입 및 산출 변수 선정은 DEA를 이용한 효율성 측정에 있어서 가장 핵심적인 의사결정이다. 정부출연연을 비롯하여, 국가, 대학, 프로젝트 등 다양한 수준의 DMU를 대상으로 DEA를 이용하여 R&D 효율성을 측정할 선행 연구들을 검토하였으며, 이를 바탕으로 아래 <표 3>과 같이 투입 및 산출 변수를 선정하였다. 선행연구들에서는 투입 변수로써 노동과 자본의 대응 지표인 연구원 수와 연구비가 주로 사용되어 왔으며, 특허와 논문 등이 주요 산출변수로 활용되어 왔다.

본 연구에서는 R&D와 R&BD의 산출변수를 구분하여 효율성을 측정한다. 투입 변수는 동일하게 연구비와 연구원을 활용하나, R&D와 R&BD 활동에 대해 아래 <그림 2>와 같이 서로 다른 산출변수를 설정하였다. R&D의 산출변수로는 특허, 논문, 기술이전의 세 가지 변수가 사용된다. 논문은 SCI급 저널 논문만을 고려하는 반면, 특허는 해외와 국내 특허를 모두 반영한다. 특허 변수 값은 국내특허 실적과 해외특허 실적을 고정 가중치를 활용하여 하나의 변수로 통합하였다. 이때 사용한 고정가중치 값은 정부출연연이 실제로 국내특허와 해외특허에 대한 평가시 적용하는 3:7의 가중치를 적용하였다. 기술이전은 유상 및 무상 여부와 관계 없이 모든 건수를 포함한다. 이 중 실제 수익을 창출한 유상기술건수만을 따로 분리하여 R&BD의 변수로 선정하였으며, 기술료 수입 역시 R&BD의 핵심 산출변수이다. 비영리기

관인 정부출연연들은 생산활동을 하지 않으므로, 기술사업화 성과를 기술이전을 통해 얻는 기술료 수입으로 평가하는 것이 일반적이다. 각 변수들의 연도별 기초 통계량은 <부록 1>에 첨부되어 있다.



(a) R&D 활동 투입/산출 구조



(b) R&BD 활동 투입/산출 구조

<그림 2> R&D 및 R&BD 활동의 투입/산출 구조

4. R&D 효율성

4.1 정태적 효율성

먼저 BCC 모형을 통해 국가과학기술연구회 산하 20개 정부출연연의 2008년부터 2013년까지 6년 동안의 R&D 효율성을 측정하였다. BCC 효율성은 특정 시점의 DMU들을 대상으로 한 정태적 효율성 점수이므로, 동일한 DMU에 대해서 연도별 효율성 점수는 서로 무관하며, 해당 년도 내 타 DMU들과의 비교를 통한 상대적 효율성 점수를 의미한다. 아래 <표 4>는 정부출연연의 6년 간 BCC 효율성 점수를 나타낸 것이다.

<표 3> DEA 변수

구분	변수	정의	선행연구
투입	연구비	민간 수탁과 정부출연금 모두를 포함한 연구과제에 투입된 총 연구비	[27, 28, 30, 31, 32, 33, 41]
	연구원	연구과제 수행에 직접 투입된 총 정규직 연구원 수	[3, 14, 28, 31, 32, 33, 38, 44, 47]
산출 (R&D)	특허	등록 완료된 해외 특허와 국내 특허의 총 등록 건수	[3, 11, 26, 28, 31, 32, 33, 36, 38, 41, 42, 44, 47]
	논문	SCI급 저널 게재 논문 수	[3, 12, 13, 14, 17, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 38, 42, 44, 47]
	기술이전	유상 및 무상 기술이전 건수	[11]
산출 (R&BD)	유상기술이전	기술이전 중 연구결과물의 사업화를 위해 기업과 맺는 기술실시 계약 건수	
	기술료	기술이전 기업이 지불한 기술료	[3, 11, 31, 36]

〈표 4〉 R&D 정태적 효율성

정부출연연	2008	2009	2010	2011	2012	2013
KIST	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KBSI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NFRI	0.48	0.44	0.32	0.42	0.27	0.28
KASI	1.00	1.00	0.91	0.91	0.84	1.00
KRIBB	1.00	0.95	1.00	1.00	0.98	0.76
KISTI	0.17	0.20	0.18	0.24	0.26	0.26
KIOM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KITECH	0.55	0.42	0.47	0.60	1.00	1.00
ETRI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KICT	0.53	0.44	0.34	0.40	0.44	0.56
KRRI	0.43	0.46	0.46	0.62	0.57	0.55
KRISS	0.66	0.66	0.70	0.85	0.58	0.64
KFRI	1.00	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00
KIGAM	0.24	0.31	0.39	0.51	0.61	0.70
KIMM	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
KARI	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16
KIER	0.50	0.43	0.43	0.48	0.75	0.84
KERI	0.94	0.63	0.64	0.85	0.64	0.59
KRICT	1.00	0.84	0.95	0.94	0.98	0.98
KAERI	0.71	0.65	0.51	0.55	0.53	0.44
효율적 GRI 개수	9	5	7	7	7	8
효율적 GRI 비율	45%	25%	35%	35%	35%	40%

KARI의 경우, 전체 정부출연연 중 ETRI에 이어 2번째로 많은 연구예산과 3번째로 많은 연구인력이 투입되었지만, SCI 논문 편수가 전체 정부출연연 중 19위등 모든 산출변수의 연구실적이 최하위 수준이기 때문에 R&D 효율성 점수가 최하위로 평가되었다. 이는 국내 항공우주 산업이 국방과 민간으로 철저하게 분리되어 선진국처럼 군과 민이 긴밀한 협력 관계를 통해 동반 발전을 하지 못한 점에서도 기인하는 것으로 보인다. 반면, KIOM은 20개 정부출연연 중 가장 적은 연구예산이 투입되었지만, SCI 논문 실적이 우수하고, 특히나 기술이전 실적도 꾸준히 발생하여 효율적인 기관으로 평가되었다. 2013년의 경우 NFRI(0.28), KISTI(0.26), KARI(0.16), KAERI(0.44) 등 대부분의 기초·원천 기술분야 정부출연연들이 투입요소 수준에 비해 상대적으로 산출물들이 적어 효율성 평가에서 최하위 그룹에 포함되었다는 점이다. 산업·응용 기술분야 정부출연연 중에서는 KICT의 효율성이 가장 낮았는데, 이는 10개

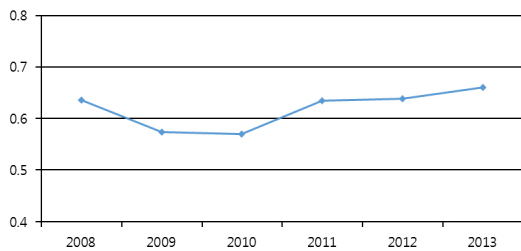
산업·응용 기술분야 정부출연연 중 4번째로 많은 연구인력과 예산이 투입되었지만, 특허실적과 SCI 논문 실적이 저조해 비효율적 기관으로 평가된 것이다. KITECH의 경우는 2012년과 2013년에 기술이전 건수가 이전보다 3배 이상 급격히 증가하면서 효율적인 기관으로 평가되었다.

4.2 동태적 효율성

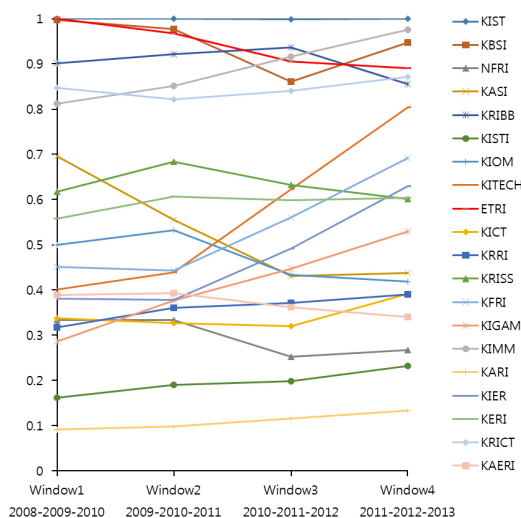
앞서 제시된 정태적 효율성 평가는 각 연도별 정부출연연의 상대적 효율성을 비교할 수 있다는 장점이 있지만, 과학기술정책에 민감한 정부출연연의 연구 성과에 대한 효율성 변화 추이나 변동의 안정성을 비교하는 데는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하기 위해 윈도우 모형분석을 통해 정부출연연의 동태적 효율성을 측정하였다. 윈도우 모형을 사용함에 있어서는 충분히 긴 기간에 걸친 분석자료를 수집한 후, DMU들의 효율성 변화를 관찰

하기 위한 관찰기간, 즉 윈도우의 폭을 결정하는 것이 중요하다. 윈도우 폭이 너무 작으면, 정태적 분석에서 처럼 투입과 산출의 기간적 불일치가 나타날 우려가 있고, 너무 크면, 변화에 대한 영향요소가 효율성에 반영되는 시점에서 희석되어 추세 파악이 힘들어지게 되기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 하나의 연구과제가 완료되는데, 일반적으로 걸리는 시간인 3년을 윈도우 폭으로 설정하였다. 따라서 2008년~2010년을 윈도우 1, 2009년~2011년을 윈도우 2, 2010년~2012년을 윈도우 3, 2011년~2013년을 윈도우 4로 설정하여, 총 4개의 윈도우를 통해 정부출연연들의 동태적 효율성 변화를 측정하였다.

<그림 3>은 윈도우 모형을 통해 분석한 2008년부터 2013년까지 6년 동안, 정부출연연들의 효율성 변화를 나타낸다. 각 연도별 효율성 점수는 DMU인 전



<그림 3> 정부출연연 평균 R&D 효율성 변화 추이



<그림 4> 정부출연연 개별 R&D 효율성 변화 추이

체 정부출연연들의 효율성 점수의 평균값을 의미한다. 2009년의 경우, 2008년에 비해 전체 연구예산은 10% 이상 증가했지만 논문과 특허 실적의 증가 폭이 크지 않아, 낮은 평균효율성 점수를 보였고, 2010년의 경우도 늘어난 투입요소에 비해 전체 정부출연연들의 기술이전 건수는 오히려 감소해 평균효율성 점수가 증가하지 않았다. 2011년부터는 과학기술분야에서 개방형 생태계 조성을 위해 정부출연연간 이종분야 융합연구가 정책적으로 활성화 되고 관리되면서, 정부출연연들의 융합연구에 대한 집중적인 지원과 투자로 SCI 논문과 등록특허 건수가 크게 증가하여 정부출연연들의 평균효율성 점수가 소폭 증가한 것으로 나타났다.

다양한 정책 반영과 융합연구 활성화에도 불구하고 지난 6년간 정부출연연들의 평균효율성 점수 변화 추이는 크지 않았다. 이는 국가 R&D 시스템이 이미 양적 성장 중심의 추격형 R&D 구조에 최적화 되어있어 항상 꾸준한 연구결과물들을 산출하기 때문에 정책에 따라 정부출연연들의 R&D 효율성이 크게 반응하지 않는다는 것을 보여준다.

<그림 4>는 4개의 윈도우 별로 20개 정부출연연들의 R&D 효율성 변화 추이를 나타낸 것이다. KIST는 모든 윈도우에서 효율성 점수가 가장 높았고, ETRI는 특허실적은 크게 증가하고 있었으나 논문과 기술이전 실적의 부진으로 계속해서 효율성 점수가 조금씩 하락하고 있었다. KITECH의 경우는 꾸준히 특허, 논문, 기술이전 실적이 증가했으며, 특히 윈도우 3에서는 기술이전 건수가 2배 이상 급증하면서 효율성 점수가 가파르게 상승했고, 계속된 기술이전 건수 실적의 증가로 윈도우 4까지 상승세가 이어졌다. KASI는 해마다 연구예산이 증가했음에도 정량적 지표의 연구실적들이 변화가 없어 계속해서 효율성 점수가 하락하였다. KISTI는 연구개발보다는 다양한 연구정보 분석 및 제공을 중점적으로 수행한다는 기관 특성 때문에 논문, 특허, 기술이전 건수 같은 정량적인 산출물이 많이 생성되지 않아 R&D 효율성이 최하위 그룹에 속했다. KARI의 경우도, 정태적 효율성 결과와 마찬가지로 정량적인

연구실적들이 저조하여 동태적 효율성 분석에서도 최하위 그룹에 포함되었다. 이 밖에도 KFRI, KIER, KIGAM 등은 특허와 SCI 논문 실적이 꾸준히 증가하여 효율성 점수가 계속해서 증가하는 형태를 보이고 있다.

5. R&BD 효율성

5.1 정태적 효율성

이번 장에서는 정부출연연의 연구결과물들이 경제적 가치를 창출하는 기술사업화 관점의 효율성을 평가한다. 아래 <표 5>는 연도별로 BCC 모형을 통해 R&BD 효율성을 측정된 결과를 요약한 것이다. 2008년 NFRI는 미래창조과학부 산하 정부출연연 중 R&BD 효율성이 8%로 가장 낮게 나타났으며, KITECH의 경우에는 2012년부터 유상기술이

전 건수가 이전보다 약 3배, 기술료 수입은 약 2배 정도 증가하면서 효율적인 기관으로 평가되었다. KFRI의 경우도, 전체 20개 정부출연연 중 17번째로 적은 인력과 예산이 투입되었지만, 2010년부터 유상기술이전 건수와 기술료 수입이 증가하면서 효율적인 기관으로 평가되었다. ETRI는 20개 정부출연연 중 가장 많은 인력과 예산이 투입되었으나, 지속적인 경제적 가치 창출로 인해 효율적인 기관으로 평가되었다.

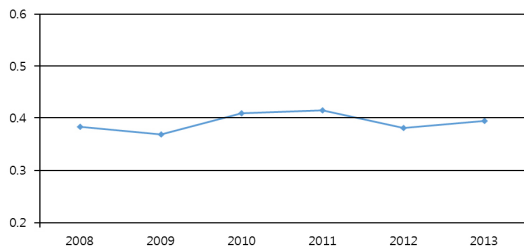
전체적으로 보면, 경제적 가치 창출이 중요한 R&BD 효율성은 산업·응용 기술 분야 정부출연연들이 상위 그룹에 많이 포함되어 있고, 기초·원천 기술분야 정부출연연들이 최하위 그룹을 형성하는 것으로 나타났다. 이는 기초·원천 기술분야 정부출연연들의 연구분야가 기술이전에 상대적으로 유리한 결과물을 도출하기보다는 논문이나 특허 같은 전통적인 정량적 지표의 연구결과물 생성에 유리하기 때문이다.

<표 5> R&BD 정태적 효율성

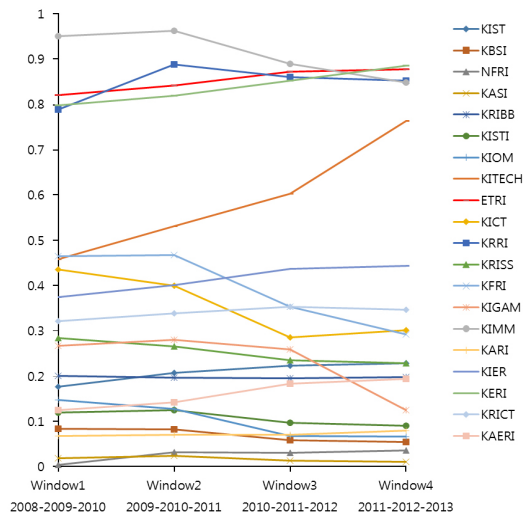
정부출연연	2008	2009	2010	2011	2012	2013
KIST	0.17	0.24	0.25	0.26	0.32	0.29
KBSI	0.16	0.08	0.12	0.17	0.05	0.09
NFRI	0.00	0.00	0.02	0.16	0.05	0.05
KASI	0.05	0.12	0.05	0.08	0.05	0
KRIBB	0.32	0.17	0.29	0.21	0.17	0.34
KISTI	0.11	0.13	0.14	0.16	0.14	0.10
KIOM	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99
KITECH	0.57	0.52	0.68	0.88	1.00	1.00
ETRI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KICT	0.56	0.52	0.35	0.50	0.35	0.38
KRRI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
KRISS	0.39	0.29	0.26	0.36	0.26	0.28
KFRI	0.81	0.49	1.00	1.00	1.00	1.00
KIGAM	0.18	0.17	0.76	0.19	0.13	0.20
KIMM	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
KARI	0.10	0.09	0.12	0.12	0.10	0.10
KIER	0.41	0.38	0.49	0.47	0.51	0.60
KERI	1.00	0.89	0.86	1.00	0.97	1.00
KRICT	0.54	0.32	0.38	0.45	0.39	0.38
KAERI	0.08	0.10	0.30	0.16	0.22	0.34
효율적 GRI 개수	5	4	5	5	4	6
효율적 GRI 비율	25%	20%	25%	25%	20%	30%

5.2 동태적 효율성

R&BD 효율성에 대해서도 윈도우 분석을 수행하여 동적 변화를 분석하였다. <그림 5>는 2008년부터 2013년까지, 6년간 정부출연연들의 R&BD 효율성 변화를 나타낸 것이다. 각 연도별 효율성 점수는 DMU인 전체 정부출연연들의 효율성 점수의 평균값을 의미한다. 정부출연연들의 R&BD 평균효율성은 6년간 큰 변화 없이 꾸준히 낮았는데, 이는 정부출연연들의 연구환경이 선도형 R&D보다는 정량적인 연구결과물 생성에 유리한 추격형 R&D 환경을 여전히 유지하고 있다는 것을 시사한다. 실제로 양적 수준에서는 특허 건수가 2010년 기준 15,000건으로 세계적 수준이고, SCI 논문 편수도 세계 10위 수준으로 나타났다. 하지만 연구성과물을 통한 기술료 수입은 투입 예산대비



<그림 5> 정부출연연 평균 R&BD 효율성 변화 추이



<그림 6> 정부출연연 개별 R&BD 효율성 변화 추이

2% 정도의 회수율로 연구생산성이 저조한 실정이다.

<그림 6>은 4개의 윈도우 별로 20개 정부출연연들의 R&BD 효율성 변화 추이를 나타낸 것이다. KITECH의 경우는, 2012년과 2013년 기술이전 건수가 약 3배, 기술료 수입이 약 2배 정도 증가하면서 R&BD 효율성이 가파르게 상승했다. KIGAM의 경우는, 전반적으로 연구결과에 큰 차이가 없었지만, 2010년의 경우에만 기술료 수입이 이전보다 10배 이상 늘어난 덕분에 윈도우 4가 윈도우 3~윈도우 3에 비해 R&BD 효율성 점수가 낮게 나타났다. KFRI는 2012년과 2013년에 유상기술이전 건수와 기술료 수입이 감소하면서 윈도우 3과 윈도우 4에서 R&BD 효율성 점수가 하락했다. KICT의 경우도, 2010년과 2011년 유상기술이전 건수가 감소하면서 윈도우 2와 윈도우 3에서 효율성 점수가 하락하는 추세를 보였다.

전반적으로 KASI, NFRI 등 기초·원천 기술분야 정부출연연들이 KIMM, ETRI같은 산업·응용 기술분야 정부출연연들에 비해 R&BD 효율성이 낮게 나타났다. 또한 대부분의 정부출연연들이 R&D 효율성보다 R&BD 효율성이 낮은 것으로 나타났다. 이는 정부출연연 간 R&D 성과의 차이보다 R&BD 성과의 차이가 커 상대적 효율성 점수가 벌어졌기 때문이다. R&BD의 경우, KIMM, ETRI, KRRI, KERI 등 일부 정부출연연의 성과가 매우 높은 반면, 나머지 정부출연연은 매우 저조한 성과를 보이고 있다. 이는 정부출연연들이 연구성과가 양적 성장은 이루었는지 모르지만 기술사업화 중심의 질적 성장은 상대적으로 미흡하다는 것을 보여준 것이다. 지금까지 정부출연연들이 양적 성장을 추구해왔다면 앞으로는 실질적인 경제적 가치를 창출하는 질적 성장을 도모해야 하며, 이를 위한 국가 R&D 정책의 새로운 방향 수립이 시급한 시점이다.

6. 결 론

본 연구는 DEA를 이용하여 20개 정부출연연들의 성과를 효율성 관점에서 평가하였다. 양적 산출물 중심의 R&D 효율성과 기술사업화 중심의 R&BD

효율성으로 구분하여 효율성을 측정하였으며, 특정 시점에서의 정태적 분석과 함께 윈도우 모형을 이용하여 동태적 분석을 수행하고 시사점을 도출하였다. 분석 결과, 기술사업화 중심의 R&BD 평균효율성이 R&D 평균효율성보다 낮아, 정부출연연 R&D 시스템이 여전히 양적 성장 중심의 추격형 구조에 머물러 있음을 확인하였으며, 기술 사업화 중심의 선도형 R&D 구조로의 전환이 필요하다는 사실을 도출하였다. 본 연구 결과는 국가 R&D 시스템의 혁신 전략 수립 및 정부출연연 R&D 평가시스템 개선을 위한 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 한계점이 존재하며 이는 추후 연구를 통해 보완될 필요가 있다. 정부출연연들의 연구 분야는 서로 이질적임에도 불구하고, 본 연구에서는 동일한 기준을 일괄 적용해서 효율성을 측정하였기 때문에, 분야별 특성을 반영하지 못 했다는 한계가 있다. 연구 분야 별로 논문, 특허, 기술이전 등의 생산성이 다를 수 있으므로, 분야 간 차이를 고려하여 산출변수를 보정할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 분석한 20개의 정부출연연들은 기초·원천기술 분야와 산업·응용기술 분야를 모두 포함하고 있다. 그러나 기초·원천기술 분야의 정부출연연들은 본질적인 특성 상, 산업·응용기술 분야 정부출연연들에 비해 기술이전 성과가 낮을 수 밖에 없으며, 이는 실제 분석 결과에도 잘 나타나 있다. 따라서 정부출연연들을 그 목적 및 성격에 따라 구분한 후, 동일한 그룹 내에서만 상대적 비교를 수행할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 자료 수집의 한계로 인해 유상기술이전건수와 기술료만을 고려하여 R&BD 효율성을 측정하였으나, 이 두 가지 변수만으로 기술사업화를 설명하기에는 다소 한계가 있다. 따라서 기술이전을 통한 신제품 개발 및 확산, 생산 및 고용 유발 효과 등 보다 근본적이고 거시적인 측면의 기술사업화 성과를 반영할 수 있는 산출변수를 포함할 필요가 있다. 마지막으로 R&D 효율성 평가에 있어서도 질적인 측면의 산출변수를 반영할 필요가 있다. 단순히 양적인 관점에서 특허 건수와 논문 건수만을 고려하기 보다는 특허의 피인용 수, 논문 게재 저널의 영

향력 지수 등 산출물의 질적 수준을 산출변수로 포함함으로써 평가의 효과성을 제고할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 구승환, 장성용, “DEA를 활용한 주식 포트폴리오 구성에 관한 연구”, 『경영과학』, 제31권, 제3호(2014), pp.1-12.
- [2] 김현정, “공공기관의 유형별 효율성평가와 비 효율성 원인의 규명에 관한 연구”, 『한국경영과학회지』, 제40권, 제1호(2015), pp.75-89.
- [3] 남인석, 송윤영, 정병호, “DEA 모형을 이용한 정부출연연의 상대적 효율성 분석”, 『한국산업경영시스템학회지』, 제31권, 제1호(2008), pp.1-10.
- [4] 문하나, 민대기 “DEA를 활용한 국내 기업의 에너지 효율성 분석”, 『경영과학』, 제32권, 제3호(2015), pp.37-54.
- [5] 이대용, 이청호, “DEA/윈도우 기법을 이용한 정보기술산업의 경영효율성과 규모 경제성 평가에 관한 연구”, 『경영정보학』, 제10권, 제3호(2000), pp.17-40.
- [6] 이상훈, 이학연, 박용태, “자료포락분석(DEA)를 이용한 지식 서비스(KIBS) 산업의 혁신 성과 분석”, 『한국경영과학회지』, 제16권, 제3호(2011), pp.129-144.
- [7] 이형석, 김기석, “DEA/윈도우 모형을 이용한 국내 생명보험산업의 상대적 효율성 분석”, 『한국콘텐츠학회논문지』, 제8권, 제5호(2008), pp.192-206.
- [8] 임성묵, “DEA에서 교차효율성의 공격적 정형화”, 『한국경영과학회지』, 제33권, 제4호(2008), pp.83-100.
- [9] 전 훈, 이학연, “DEA 기반 온라인 게임 성과 관리 포트폴리오 모형”, 『대한산업공학회지』, 제39권, 제4호(2013), pp.260-270.
- [10] 전 훈, 이학연, “DEA 윈도우 분석을 이용한 국내 온라인 게임 기업의 운영 효율성 평가”, 『한국경영과학회지』, 제39권, 제3호(2014), pp.23-40.

- [11] 현만석, 유왕진, "DEA 모형을 이용한 공공연구기관의 기술이전 효율성 분석에 관한 연구", 『산업경영시스템학회지』, 제31권, 제2호(2008), pp.94-103.
- [12] Abramo, G., T. Cicero, and C.A.D'Angelo, "A field-standardized application of DEA to national-scale research assessment of universities," *Journal of Informetrics*, Vol.5, No.4(2011), pp.618-628.
- [13] Abramo, G. and C.A.D'Angelo, "Assessing technical and cost efficiency of research activities : a case study of the Italian universities system," *Research Evaluation*, Vol.18, No.1(2009), pp. 61-70.
- [14] Agasisti, T., G. Catalano, P. Landoni, and R. Verganti, "Evaluating the performance of academic departments : an analysis of research-related output efficiency," *Research Evaluation*, Vol.21, No.1(2012), pp.2-14.
- [15] Asmild, M., J.C. Paradi, V. Aggarwall, and C. Schaffnit, "Combining DEA window analysis with the Malmquist index approach in a study of the Canadian banking industry," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.1, No.1(2004), pp. 67-89.
- [16] Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Management Science*, Vol.30, No.9(1984), pp.1078-1092.
- [17] Bonaccorsi, A. and C. Daraio, "A robust non-parametric approach to the analysis of scientific productivity," *Research Evaluation*, Vol. 12, No.1(2003), pp.47-69.
- [18] Carlos, S.-C., F.-C. Yolanda, and M.-M. Cecilio, "Measuring DEA efficiency in internet companies," *Decision Support Systems*, Vol.38, No.4 (2005), pp.557-573.
- [19] Charnes, A. and W.W. Cooper, "Preface to topics in data envelopment analysis," *Annals of Operations Research*, Vol.2, No.1(1984), pp. 59-94.
- [20] Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6(1978), pp.429-444.
- [21] Charnes, A., C.T. Clark, W.W. Cooper, and B. Golany, "A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces," *Annals of Operations Research*, Vol.2, No.1 (1984), pp.95-112.
- [22] Cherchye, L. and P.V. Abeele, "On research efficiency : A micro-analysis of Dutch university research in economics and business management," *Research Policy*, Vol.34, No.4(2005), pp. 495-516.
- [23] Colbert, A., R.L. Reuven, and C.S. Michael, "Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA," *European Journal of Operational Research*, Vol.125, No.3(2000), pp. 656-669.
- [24] Cooper, W.W., M.S. Lawrence, and T. Kaoru, *Data Envelopment Analysis : A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, Springer, 2007.
- [25] Groot, T. and T. Garcia-Valderrama, "Research quality and efficiency : an analysis of assessments and management issues in Dutch economics and business research programs," *Research Policy*, Vol.35, No.9(2006), pp.1362-1376.
- [26] Guan, J. and K. Chen, "Modeling the relative efficiency of national innovation system," *Research Policy*, Vol.35, No.9(2012), pp.102-115.
- [27] Guan, J. and J. Wang, "Evaluation and inter-

- pretation of knowledge production efficiency," *Scientometrics*, Vol.59, No.1(2004), pp.131-155.
- [28] Hsu, F.-M. and C.-C. Hsueh, "Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects : A three-stage approach," *Evaluation and Program Planning*, Vol.32, No.2(2009), pp.178-186.
- [29] Johnes, J. and G. Johnes, "Research funding and performance in UK university departments of economics : a frontier analysis," *Economics of Education Review*, Vol.14, No.3 (1995), pp.301-314.
- [30] Kocher, M., M. Luptacik, and M. Sutter, "Measuring productivity of research in economics : A cross-country study using DEA," *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.40, No.4 (2006), pp.314-332.
- [31] Lee, S. and H. Lee, "Measuring and comparing the R&D performance of government research institutes : A bottom-up data envelopment analysis approach," *Journal of Informetrics*, No.9(2015), pp.942-953.
- [32] Lee, H. and Y. Park, "An international comparison of R&D efficiency : DEA approach," *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol.13, No. 2(2005), pp.207-222.
- [33] Lee, H., Y. Park and H. Choi, "Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives : A DEA approach," *European Journal of Operational Research*, Vol.196, No.3(2009), pp.847-855.
- [34] Linton, J.D., S.T. Walsh, and J. Morabito, "Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio," *R&D Management*, Vol. 32, No.2(2002), pp.139-148.
- [35] Liu, F.-H. and W. Peng-Hsiang, "DEA Malmquist productivity measure : Taiwanese semiconductor companies," *International Journal of Production Economics*, Vol.112, No.1(2008), pp.367-379.
- [36] Liu, J.S. and W.-M. Lu, "DEA and ranking with the network-based approach : a case of R&D performance," *Omega*, Vol.38, No.6(2010), pp. 453-464.
- [37] Luwel, M., E.C.M. Noyons, and H.F. Moed, "Bibliometric assessment of research performance in Flanders : Policy background and implication," *R&D Management*, Vol.29, No.2 (1999), pp.133-142.
- [38] Meng, W., D. Zhang, L. Qi, and W. Liu, "Two-level DEA approaches in Research Evaluation," *Omega*, Vol.36, No.6(2008), pp.950-957.
- [39] Narin, F. and K.S. Hamilton, "Bibliometric performance measures," *Scientometrics*, Vol.36, No.3(1996), pp.293-310.
- [40] Ortega, J.L., E. López-Romero, and I. Fernández, "Multivariate approach to classify research institutes according to their outputs : The case of the CSIC's institutes," *Journal of Informetrics*, Vol.5, No.3(2011), pp.323-332.
- [41] Revilla, E., J. Sarkis, and A. Modrego, "Evaluating performance of public-private research collaborations : A DEA analysis," *Journal of the Operational Research Society*, Vol.54, No.2 (2003), pp.165-174.
- [42] Rousseau, S. and R. Rousseau, "Data envelopment analysis as a tool for constructing scientometric indicators," *Scientometric*, Vol.40, No.1 (1997), pp.45-56.
- [43] Rousseau, S. and R. Rousseau, "The scientific wealth of European nations : taking effectiveness into account," *Scientometric*, Vol.42, No.1 (1998), pp.75-87.
- [44] Sharma, S. and V. Thomas, "Inter-country R&D efficiency analysis : An application of

- data envelopment analysis," *Scientometric*, Vol. 76, No.3(2008), pp.483-501.
- [45] Thore, S., F. Phillips, T. Ruefli, W., and P. Yue, "DEA and the management of the product cycle : The US computer industry," *Computers and Operations Research*, Vol.23, No.4(1996), pp.341-356.
- [46] Robert, W., "Levels of efficiency in UK retail banks : a DEA window analysis," *Int. J. of the Economics of Business*, Vol.10, No.3(2003), pp. 305-322.
- [47] Wang, E.C. and W. Huang, "Relative efficiency of R&D activities : A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach," *Research Policy*, Vol.36, No.2(2007), pp.260-273.
- [48] Xue, M. and T.H. Patrick, "Note : Ranking DMUs with infeasible super-efficiency DEA models," *Management Science*, Vol.48, No.5 (2002), pp.705-710.
- [49] Yang, H.-H. and C.-Y. Chang, "Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms," *Telecommunications Policy*, Vol.33, No.1(2009), pp.98-108.
- [50] Yang, Z., "A two-stage DEA model to evaluate the overall performance of Canadian life and health insurance companies," *Mathematical and Computer Modeling*, Vol.43, No.7(2006), pp. 910-919.
- [51] Zhu, J., "Multi-factor performance measure model with an application to fortune 500 companies," *European Journal of Operational Research*, Vol.123, No.1(2000), pp.105-124.

〈부록 1〉 DEA 투입변수 및 산출변수 기초 통계량

연도	구분	변수	최대값	최소값	합계	평균	표준편차
2008	투입	연구원(명)	1951	111	9056	452	426
		연구비(백만 원)	492188	20223	2770567	138528	126452
	산출 (R&D)	등록특허(건)	598	0	1183	59	130
		SCI논문(건)	626	11	3413	171	161
		기술이전(건)	420	0	1096	55	94
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	418	0	912	46	9940
기술료(백만 원)		45512	0	75455	3773	9940	
2009	투입	연구원(명)	1944	119	9059	453	423
		연구비(백만 원)	604053	23085	3059808	152990	137558
	산출 (R&D)	등록특허(건)	687	1	1210	61	149
		SCI논문(건)	665	24	3487	174	160
		기술이전(건)	369	0	1231	62	103
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	368	0	875	44	81
기술료(백만 원)		32167	0	62865	3143	7042	
2010	투입	연구원(명)	1938	114	9249	462	421
		연구비(백만 원)	605282	34783	3444437	172222	136563
	산출 (R&D)	등록특허(건)	724	1	1454	73	156
		SCI논문(건)	768	17	3695	185	182
		기술이전(건)	338	0	1223	61	93
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	292	0	869	43	65
기술료(백만 원)		32847	30	76469	3823	7141	
2011	투입	연구원(명)	2935	125	9403	470	423
		연구비(백만 원)	601017	43000	3483635	174182	129131
	산출 (R&D)	등록특허(건)	760	3	1875	94	163
		SCI논문(건)	786	20	4003	200	183
		기술이전(건)	329	1	1241	62	89
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	294	1	910	46	66
기술료(백만 원)		25927	29	64444	3222	5679	
2012	투입	연구원(명)	1949	135	9729	486	429
		연구비(백만 원)	587439	44800	3679620	183981	127543
	산출 (R&D)	등록특허(건)	877	1	2232	112	187
		SCI논문(건)	836	17	4353	218	200
		기술이전(건)	368	1	1520	76	114
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	358	1	1235	62	103
기술료(백만 원)		36364	0	89704	4485	7974	
2013	투입	연구원(명)	1979	143	10031	502	438
		연구비(백만 원)	599701	47623	3889810	194491	137858
	산출 (R&D)	등록특허(건)	1015	4	2559	128	215
		SCI논문(건)	865	21	4350	218	195
		기술이전(건)	434	0	1620	81	119
	산출 (R&BD)	유상기술이전(건)	313	0	1158	58	87
기술료(백만 원)		33852	0	83113	4156	7488	