

과학기술적 성과 관점에서 정부 R&D사업 효율성 분석에 관한 연구

박석종* · 김경화** · 정상기***

I. 서론

연구개발(R&D)이 국가경쟁력 제고를 견인하는 주요 요인으로 인식되면서, 많은 나라들이 다양한 프로그램을 통해 R&D투자를 증가시키고 있다.(Lee and Park, 2009) 우리나라도 2000년에 13.8조 원에서 2008년에는 약 37.9조원 규모로 R&D투자를 지속적으로 증가시켰으며, 이에 따라, 연구개발집약도(GDP대비 연구개발비)가 1998년 2.26%에서 2009년 3.57%로 크게 확대되었다.(교육과학기술부, 2010) 하지만, R&D투자 절대 규모에 있어서는 주요국에 비해 아직 부족한 실정이다. 2009년 우리나라 연구개발비는 297억달러로, 미국의 7/100배, 일본의 4/25배, 중국의 2/5배 수준이다.

<표 1> 주요국의 연구개발비 비교

주요국	연구개발비(백만 US달러)
미국(2008)	398,194
일본(2008)	168,125
독일(2008)	96,492
중국(2008)	66,430
프랑스(2008)	57,748
영국(2008)	47,138
한국(2009)	29,703
이탈리아(2008)	27,227

주) 2010년 연구개발활동조사 주요 결과, 2010.9, 교육과학기술부

한편, 우리나라는 기술추격형에서 기술주도형으로 R&D 정책방향을 전환하고 있다. 우리나라는 지난 40여년간 정부와 민간의 협력 하에 선진기술을 도입하여 이를 경제적 부가가치에 연결시키는 추격형 기술개발 전략을 통해 빠른 경제성장을 이루었다. 하지만, 의존적 형태의 기술개발 전략은 새로운 첨단·융합기술의 출현에 대한 대응능력을 저하시키고, 기술혁신활동을 제한하기 때문에 기술추격형 R&D의 한계를 극복하기 위해 기술주도형 R&D로 무게중심을 옮기고 있다.(이장재, 2010)

보유하고 있는 자원의 상대적 부족과 기술주도형 R&D로의 정책방향 전환은 R&D 효율성의 제고를 요구하고 있다. R&D 효율성을 높이기 위한 일환으로 정부는 성과관리 및 평가를 한층 강화하고 있다. 정부는 2008년 ‘국가연구개발사업등의성과평가및성과관리에관한법률’을 제정하고, 이에 따라 매년 자체·상위평가, 심층평가 등 성과중심의 평가를 실시하며, 이를 관련 정책의 수립, 사업의 추진 및 예산의 조정에 반영하고 있다.

이에 따라, R&D의 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 많은 연구가 수행되고 있으며, 특히, 다수의 투입과 다수의 산출을 가진 국가, 기업, R&D사업 등의 상대적 효율성 분석 연구가 다수 진행되고 있다. II장에서 자세히 논의하겠지만, 국가 수준의 효율성 연구는 Lee and Park(2005), Wang(2007), Wang and Huang(2007) 등이 있고, R&D과제 수준에서의 효율성 연구는 황석원, 손상학, 장진규(2009), Hsu and Hsue(2009), Lee, Park and Choi(2009),

* 박석종, 한국과학기술기획평가원 투자전략실 부연구위원, 02-589-2950, taiji@kistep.re.kr

** 김경화, 경기과학기술진흥원 전략기획실 연구원, 031-888-9856, khkim@gstep.re.kr

*** 정상기, 한국과학기술기획평가원 사업조정실 실장, 02-589-2249, sjeong@kistep.re.kr

STEPI(2009) 등에서 수행하였다.

본 논문에서는 정부 순수R&D사업²⁾들에서 R&D자금 투입 대비 논문, 특히 성과산출의 효율성을 DEA방법을 통해 분석한다. 그리고, R&D자금 배분 특성³⁾이 효율성에 미치는 영향에 대해서 비모수분석방법인 Wilcoxon-Mann-Whitney 검정을 통해 분석해 보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, II장에서는 상대적인 R&D 효율성 연구에 대한 기존 문헌을 고찰하고, 본 연구가 기존연구와 차별화되는 점을 살펴본다. III장에서는 본 연구에서 활용된 DEA와 비모수분석방법인 Wilcoxon-Mann-Whitney 검정에 대해 살펴보고, IV장에서는 정부R&D사업 효율성 분석과 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 분석한다. 마지막으로 V장에서는 IV장의 분석결과를 종합 정리하는 한편, 본 연구의 의의와 한계점을 기술한다.

II. 기존 문헌 고찰

분석 대상 간 상대적인 R&D 효율성을 연구한 기존 문헌은 분석방법 및 대상, 내용측면에서 다양한 양상을 보여주고 있으나, 크게 분석 대상이 국가인지 과제(혹은 사업)인지에 따라 구분되고 할 수 있다.

<표 2> 상대적 R&D 효율성 연구에 관한 최근 주요 문헌

논문	분석 방법	분석 대상	데이터	
			투입	산출
박수동, 홍순기(2003)	DEA, Malmquist	국가	R&D스톡	특히 논문
고민수, 이덕주(2003)	DEA	국가	투자비 연구인력	특히 논문
Lee and Park(2005)	DEA	국가	투자비 연구인력	기술경상수지 논문 특히패밀리
Wang and Huang(2007)	DEA, 토빗모형 이용한 3단계 접근법	국가	투자비 인력	특히 논문
Wang(2007)	확률변경분석	국가	투자비 인력	특히 논문
황석원,손상학,장진규(2008)	DEA, 회귀분석	부품소재산업내 기업	투자비	지적재산권관련, 재무관련
Hsu and Hsue(2009)	DEA, 토빗모형 이용한 3단계 접근법	과제	R&D인력 정부보조금 정부보조금비율 수행기간	특히 논문
Lee, Park, Choi(2009)	DEA	사업	투자비 연구인력	국내외특히 국내논문 석박사학생수
STEPI(2009)	DEA, 토빗모형 이용한 3단계 접근법	사업	투자비 수행기간	특히, 논문 매출증가액 고용창출수

2) 연구개발을 통해 과학기술적 지식창출을 목적으로 하는 사업

3) R&D사업의 성과는 투입되는 자원의 규모뿐만 아니라, 자원을 배분하는 방법에도 영향을 받는다. 정부는 R&D 사업을 추진할 때, 일반적으로 사업목표를 가장 효율적으로 달성하기 위한 방향으로 기술분야별, 연구개발단계별, 연구수행주체별, 기술수명주기별, 협력유형별 등으로 자원을 배분하는 데, 이런 자원 배분특성은 추진하는 사업의 효율성에 영향을 미칠 수 있다.

R&D투자 효율성의 국가별 비교를 한 다수의 기존문헌에서는 한국의 R&D 투자 효율성이 타 선진국에 비해 매우 낮게 도출되었다. 박수동, 홍순기(2003)는 전체기술효율, 순수기술효율, 규모효율로 나뉘서 효율성을 분석하였는데, 전체기술효율 및 순수기술효율에서 스위스, 캐나다, 미국, 호주의 효율성은 매우 높고, 노르웨이, 독일, 벨기에, 스페인, 프랑스, 일본, 한국 등이 낮게 나타났다. 그러나, 규모효율 측면에서는 벨기에, 스페인, 일본, 한국 등의 효율이 높게 나타났는데, 이 결과는 이들 국가들의 R&D 시스템이 비효율적으로 운영되고 있다는 것을 시사하고 있다. 고민수, 이덕주(2003) 역시 연구개발활동 규모의 보수성 측정을 통하여, 한국이 전반적으로 규모의 보수체감임을 보였으며, 이를 통해 한국이 1980년대 중반부터 2000년까지 연구개발활동에 있어서 비효율적이며, 비생산적으로 운영되어 왔음을 주장하였다. Lee and Park(2005)에서도 독일, 헝가리, 뉴질랜드, 영국 등의 효율성은 매우 높은 반면, 한국, 타이완, 중국 등의 국가의 R&D 효율성은 매우 낮게 나타났다. 그러나, 2000년에서 2005년의 자료를 이용한 KISTEP(2009)의 결과에서는 한국의 총 R&D지출액 대비 산출요소가 논문의 경우는 분석대상 36개국 평균보다 낮았지만 특허의 경우 상당히 높은 수준으로 나타났다. Wang and Huang(2007)은 DEA와 토빗모형을 이용한 3단계 접근법⁴⁾을 시도하여 30개국 중 절반 이상이 비효율적이고, 3분의 2 이상이 규모수익체증을 나타낸다는 사실을 밝혔다. 또한, 고학력인구, PC집약도, 영어능력 등의 환경요인이 효율성에 미치는 영향을 분석한 결과, 고학력인구와 영어능력은 정의 관계를 나타냈으며, PC집약도는 직접적인 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. Wang(2007)은 확률변경분석과 토빗분석을 이용하여 3단계 접근법을 시도하였으며, 환경요인으로 정부의 R&D 지출대비 R&D 예산책정비율, PC집약도, 국가의 경제자유도 등을 선택하였다. 여기서 PC 집약도와 국가의 경제자유도는 효율성을 증가시킨다고 주장하였다.

한편, 사업 또는 과제 수준에서 R&D 효율성을 분석한 문헌들도 다수 존재하며 이들은 각각에서 다양한 시사점을 도출하고 있다. 황석원, 손상학, 장진규(2009)는 지식경제부의 부품·소재산업 경쟁력 향상사업에 대한 성과분석을 통하여, 정부의 R&D지원이 기업의 양적 성장에는 확실한 효과를 나타내지만, 기업 효율성에는 영향을 미치지 않음을 밝혔다. Hsu and Hsue(2009)는 DEA와 토빗모형을 이용한 3단계 접근법으로 대만의 정부지원 R&D 과제의 효율성을 분석하였다. 그 결과, 대만의 정부지원 R&D과제를 수행하는 기업 중 규모가 작은 기업일수록 효율적임을 밝혔고, 외부요인의 효과를 고려하지 않은 효율성이 외부요인을 고려한 효율성에 비해 낮음을 확인하였다. Lee, Park and Choi (2009)는 DEA와 비모수 분석을 통해 6개의 정부 R&D사업의 효율성을 비교하였다. 그 결과, 6개의 사업 중 공학분야의 산학협력 및 국제교류지원 사업의 효율성이 매우 높고, 기초과학 연구자 지원사업의 효율성이 낮다고 도출하였다. STEPI(2009)는 DEA와 토빗모형을 이용한 3단계 접근법으로 사업수준에서 다양한 측면으로 효율성 분석을 시도하였다. 외부환경의 영향력을 통제하였을 경우, 개발연구에 속하는 사업유형들이 응용연구에 속한 사업유형들보다 더 효율적인 것으로 나타났다. 이들은 또한 연구소의 효율성이 낮고, 성숙기의 사업들의 경제적 효율성이 높으며, 민간 부문의 비중이 높을수록 연구개발 효율성이 높다는 결론을 도출하였다.

본 연구는 정부의 순수R&D사업을 대상으로 효율성을 분석하고, 효율성에 영향을 미치는 투입의 배분특성을 살펴본다는 측면에서 기존 연구와 차별화된다고 할 수 있다. 대부분의 DEA를 활용한 R&D 효율성 연구가 국가와 기업을 대상으로 하는 가운데, 정부 R&D 사업을 대상으로 하는 연구는 Lee, Park and Choi(2009), STEPI(2009)등으로 소수이다. Lee, Park and Choi(2009)는 6개 사업에 대해서만 효율성 분석을 하였고, STEPI(2009)는 정부R&D사업을 부처별, 연구개발단계별로 유형화하였다는 점에서 본 연구와 차이가 있다.

4) Wang and Huang(2007)에 의해 제안된 3단계 접근법은 세 가지 단계를 거치는데, 첫 단계에서는 DEA모형이나 확률변경분석 등을 이용하여 효율성과 투입여유(input slack)를 측정한다. 두 번째 단계에서는 종속 변수를 투입여유로, 독립변수를 외부 환경으로 설정하여 토빗모형을 이용한 회귀분석을 실시한다. 그리고, 마지막 단계에서는 이 결과를 바탕으로 도출된 새로운 투입 데이터와 기존 산출 데이터를 이용하여 첫 단계에서 적용했던 DEA모형 또는 확률변경분석을 재실시하여 외부의 영향을 배제한 순수효율성을 구한다.

또한, 투입의 배분특성을 효율성에 영향을 미치는 주요 요인으로 고려하여 요인분석을 실시한 연구도 거의 없다. STEPI(2009)는 투입의 배분특성을 정부R&D의 효율성에 영향을 주는 외부환경요인으로 보고, 3단계 접근법을 통해 외부환경요인의 영향으로부터 순(net) 연구개발 효율성을 분리하여 비교하였다. 하지만, 본 연구에서는 정부 R&D사업 효율성을 구한 다음, 배분특성이 사업 효율성에 미치는 영향을 요인 분석하였다.

III. 이론적 배경

다수의 대안에서 가장 효율적인 대안을 찾아내는 것에 대한 연구는 이미 오래전부터 이루어져 왔으며, 이의 일환으로 나온 것이 Charnes et al.이 제안한 자료포락분석(DEA)이다. DEA는 다수의 투입요소로 다수의 산출물을 생산하는 대상(DMU, decision making unit)들의 효율성을 평가할 때, 각 DMU의 효율성이 최대가 될 수 있게 투입요소와 산출요소에 대한 가중치를 선형계획모형을 풀어서 구하고, 각 DMU의 상대적 효율성 값을 도출하는 방법이다.

DEA 모델 중에는 규모에 대한 수익불변⁵⁾의 원칙을 전제로 한 CCR모델과 규모에 대한 수익변동을 전제로 한 BCC 모델이 있다.

CCR 모형은 Charnes 외(1978)에서 제시한 DEA 모형으로 투입지향적 포락형 CCR 모형은 (수식 1)과 산출지향적 포락형 CCR 모형은 (수식 2)로 표현된다. CCR 모형은 규모에 대한 투자효율성이 일정하다는 조건을 가정한다. 여기서, m은 DMU의 투입요소 개수, s는 DMU의 산출요소 개수, n은 DMU수이다. x_{ij} 는 DMU j의 투입요소 i의 양, y_{rj} 는 DMU j의 산출요소 r의 양을 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta - \epsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ & \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ & \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \end{aligned}$$

<수식1> 투입지향적 포락형 CCR 모형

$$\begin{aligned} & \text{Max } \psi + \epsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ & \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \psi y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s; \\ & \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \end{aligned}$$

<수식2> 산출지향적 포락형 CCR 모형

한편, BCC 모형은 Banker 외(1984)에서 제시한 DEA 모형으로 규모가 변할 때, 효율이 변할 수 있는 경우를 고려한 모형이다. <수식1>, <수식2>에 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 이라는 조건이 더해지면, 각각 투입

5) 생산요소의 투입을 n배 증가시킬 때, 산출도 n배 증가하는 경우, 규모수익불변이라 함.

지향적 포락형 BCC 모형과 산출지향적 포락형 BCC 모형이 된다.

한편, DEA를 활용한 효율성분석 결과를 바탕으로 R&D자금 배분 특성이 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 이차적으로 비모수분석방법인 Wilcoxon-Mann-Whitney검정을 이용하였다. 비모수 분석 방법의 일종인 Wilcoxon-Mann-Whitney검정은 두 집단의 위치모수(location)의 동일성을 검증하기 위한 방법으로 Wilcoxon-Mann U검정 또는 Wilcoxon순위합검정 등으로도 불린다. 이 검정은 독립변수가 정규분포를 이뤄야한다는 등의 가정이 없고, 관측치의 개수가 작아도 되기 때문에 모수분석에 비해 활용하기가 쉽다. 본 연구에서는 효율성 분석 대상인 정부 순수R&D사업수가 정규분포를 이룰만큼 충분하지 않고 종속변수로 사용되는 효율성 값이 0부터 1사이라는 특성 때문에 회귀분석 등 모수분석을 본 연구에 적용할 시, 통계적 유의성을 충분히 확보하기가 힘들다. 따라서 본 연구에서는 이러한 점들을 보완할 수 있는 비모수 분석의 일종인 Wilcoxon-Mann-Whitney검정을 활용하였다.

Wilcoxon-Mann-Whitney검정에도 한 집단 내 각 관측치들과 두 집단 사이 관측치들이 독립적이어야 하며, 두 그룹간 관측치들은 독립 동일분포를 이뤄야 하는 가정이 존재한다.

$F(t)$ 이 그룹1의 누적함수이고, $G(t)$ 는 그룹2의 누적함수일 때 Wilcoxon-Mann-Whitney검정의 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)은 수식3과 같다.

$$H_0 : F(t) = G(t)$$

$$H_1 : F(t) \neq G(t)$$

<수식 3> Wilcoxon-Mann-Whitney검정의 귀무가설과 대립가설

R_1 과 R_2 를 그룹1과 그룹 2의 순위합이며, n_1, n_2 를 그룹1과 그룹2의 샘플수라고 정의할 때 Mann-Whitney U 통계량은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

$$U = \min\{U_1, U_2\}$$

<수식 4> Mann-Whitney U통계량

이 때, 그룹1과 그룹2의 통계량 중 작은 값인 검정통계량 U 는 임계치 U_0 보다 작거나 같으면 귀무가설을 기각한다.

두 집단의 표본의 크기가 20보다 크면, U 의 분포는 정규분포로 수렴하게 되고 평균, 분산 및 검정통계량 Z 는 수식5와 같이 표기할 수 있다.

$$E(U) = \frac{n_1 n_2}{2}, \quad Var(U) = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}$$

$$Z = \frac{U - (n_1 n_2 / 2)}{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12}}$$

<수식 5> 평균, 분산 및 검정통계량 Z

IV. 실증분석

1. 분석 데이터

일반적으로 연구개발활동을 위한 주요 투입으로 인력과 물리적 자원(physical resource)을 생각하는 데, 인력으로는 연구자와 기술자, 연구지원인력(Supporting Personnel)이 있으며, 물리적 자원으로는 총 R&D 비용을 고려 한다.(Wang, 2007) 본 연구에서는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 확보한 개별 정부 순수R&D 사업의 3년치('04년~'06년) 총 정부 투자비를 투입으로 사용하였다. 하지만, 사업별로 투입되는 인력에 대한 신뢰할만한 데이터가 존재하지 않고, 직접 조사하는 데에는 한계가 있어, 인력은 투입으로 고려하지 않았다.

본 연구에서는 산출로 논문과 특허를 활용하였다. 특허는 연구결과의 중요한 지표 중 하나로서, 보통 많은 연구자와 연구기관들은 자신의 국가뿐만 아니라, 많은 외국 국가에서 특허 보호를 신청(Wang, 2007)하고 있다. 논문은 연구 아이디어 및 새로운 기술을 확산시키는 대표적인 1차 R&D 성과물이다. 또한, 논문과 특허는 정부R&D 주요 성과 중에서 검증 시스템이 마련되어 있어, 신뢰성 있는 성과⁶⁾이기도 하다. 본 연구에서는 NTIS에서 확보한 정부 순수R&D 사업별 '06년 SCI논문 건수와 국내 특허·출원 건수 데이터를 산출로 활용하였다.

한편, R&D사업 추진 시, 투입과 성과 간에 발생하는 시차(time-lag)효과 때문에 성과에 직접적으로 연관 있는 투입이 정확히 무엇인지 파악하기가 힘들고, 성과 발생에 기인하는 투입을 사실상 모두 감안할 수 없기 때문에 정확한 효율성 측정에는 한계가 있다. 현실적으로 R&D활동에서 투입과 성과간에 합리적으로 수용되는 시차효과 기간은 존재하지 않는다.(Wang, 2007) 본 연구에서는 개별 정부 순수R&D 사업의 '04년~'06년 총 투자비가 해당 사업의 '06년 SCI논문 건수와 '06년 국내 특허 출원·등록 건수 산출에 연관이 있는 투입이라 가정하고, 사업의 효율성을 분석하였다.

<표 3> 투입과 산출

투입	산출
정부 순수 R&D 사업 '04~'06년 총 투자비	정부 순수 R&D 사업 '06년 SCI 논문 건수, '06년 국내 특허 출원·등록 건수

2. 분석 개요

본 연구에서는 정부의 순수R&D사업을 DMU(Decision Making Unit)로 정하였다. 정부 R&D 사업은 연구개발을 통해 과학기술적 지식창출을 목적으로 하는 순수R&D사업과 국제협력, 인력양성, 연구개발 인프라 구축 등 연구기반 조성을 목적으로 하는 사업으로 크게 나눌 수 있다. 연구기반 조성 사업에서도 논문과 특허 성과를 배출하지만, 이는 사업목적과 직접적인 연관이 없는 부수적인 성과이다. 한편, DEA에서는 DMU의 목적과 특성이 동일해야 한다는 조건을 전제하기 때문에, 본 연구에서는 논문, 특허 중심의 과학기술적 성과 관점에서 정부R&D사업의 효율성을 분석하기 위해 정부의 순수R&D사업만을 DMU로 고려하였다. 그리고, '04년~'06년 사이에 사업의 분리, 통합 등 사업구조가 변경된 사업을 포함시킬 경우, 해당 사업의 성과를 추적하기가 힘들고, 시차효과 문제도 더 복잡해지기 때문에, '04년~'06년 사이에 계속 추진된 사업만을 고려하여 DMU로 설정하였다.

6) 현재, 정부 R&D에서 창출된 SCI논문과 국내 특허 성과는 KISTI NDSL과 특허청 공개 DB등과 연계하여 실시간 검증을 실시

이 기준을 적용하여, '06년 기준 357개 정부 R&D 사업 중 '04년~'06년 계속 추진된 121개의 순수R&D사업을 분류하여 효율성 분석을 위한 DMU로 하였다. 이 121개 순수 R&D 사업의 투입과 성과 기술적 통계량은 표4와 같다.

<표 4> 효율성 분석 대상 121개 순수R&D사업의 투입 및 성과 기술적 통계량

변수	평균	표준편차	최소값	최대값
정부 순수 R&D 사업 '04~'06년 총 투자비(백만원)	93,158.9	101557.1	1,410	480,248
정부 순수 R&D 사업 '06년 국내 특허 출원·등록 건수(건)	50.2	95.7	0	749.5
정부 순수 R&D 사업 '06년 SCI 논문 건수(건)	73.6	205.0	0	1734.7

효율성을 분석할 때에는, 투입지향적 CCR모델과 BCC모델을 활용하여 효율성 값을 각각 구하고, 이를 비교분석하였다. 효율성 제고를 위해 산출을 증가시키는 것보다 투입을 감소시키는 것이 현실적이고 용이하므로,⁷⁾ 분석결과가 정책결정자들에게 유용한 의미를 내포할 수 있는 투입지향적 모델을 사용하였다.

한편, 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 알아보기 위해 효율성 분석 결과를 바탕으로 효율성이 높은 사업 상위 20개와 효율성이 낮은 사업 하위 20개를 두 그룹으로 분류하고, 비모수 분석을 실시하였다. 여기서 투자의 배분특성으로는 사업별 기초연구비중, 연평균 세부 과제수, 협력연구비중, 도입기 연구비중, 세부과제당 투자비, 대학 연구수행비중, 중소기업 수행비중, 대기업 수행비중, 연구소수행비중 등을 고려하였다. 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성에 대한 분석은 먼저, 효율성이 높은 그룹과 낮은 그룹의 기술적 통계량을 비교분석하고, Wilcoxon-Mann-Whitney 검정을 실시한 후, 두 결과를 비교하는 과정으로 수행하였다.

3. 분석 결과

1) 효율성 분석

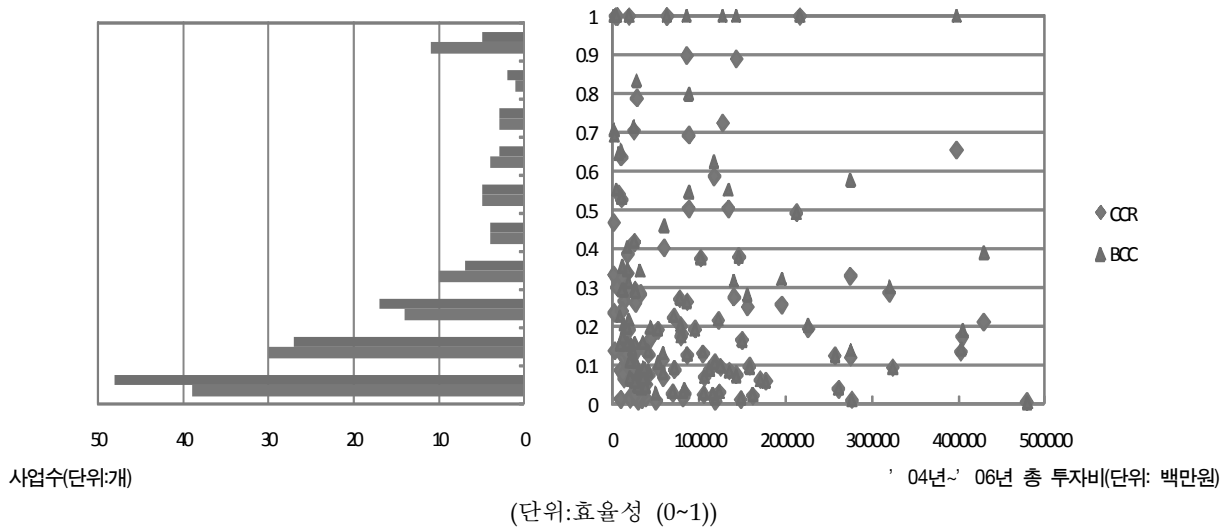
효율성 분석결과, 평균과 표준편차 값 모두 투입지향적 BCC모델이 투입지향적 CCR모델보다 큰 것으로 나타났다.

<표 5> 효율성 분석 결과

	투입지향적 CCR	투입지향적 BCC
평균	0.234831354	0.2883943
표준편차	0.254727977	0.2912058
최대값	1	1
최소값	0.002674803	0.0040912

개별사업들의 효율성 분포관점에서 보면, 소수의 사업이 효율적이고, 다수의 사업이 상대적으로 비효율적인 피라미드형 분포를 보였다. 효율성 구간 0~1을 10단계로 구분하여 각 구간에 속하는 사업들의 수에 대한 분포를 살펴본 결과, 효율성이 0.3 이하인 사업이 전체의 76.0%(투입지향적 CCR), 68.6%(투입지향적 BCC)로 대부분의 DMU가 상대적으로 볼 때, 비효율적인 것으로 나타났다.

7) Hsu, and Hsueh(2009)는 정책결정자들이 효율성 제고를 하기 위해서는 산출보다는 투입이 통제하기 쉬운 변수라고 주장함.



그리고, 효율성이 높은 주요 사업들은 원천연구를 수행하기 위해 집단을 구성하여, 연구를 수행하는 특징을 보였다. 투입지향적 BCC 모델을 적용한 분석결과 기준으로 프론티어(효율성 값 1)에 속하는 사업들 중 '04년~'06년 투자규모 100억 이상 사업은 총 7개이며, 이 중 6개 사업이 연구집단을 통해 원천 R&D를 수행하였다.

사업명	연구형태
마린바이오21	연구단
우수연구센터육성	우수연구센터(SRC, ERC 등)
국가지정연구실	대학의 우수 연구실
21세기 프론티어 연구개발	사업단
산업혁신기술개발-우수기술연구센터	센터

2) 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성 분석

효율성 분석결과에서 상위 20개 사업 그룹과 하위 20개 사업 그룹 간 투자 배분특성들의 평균과 표준편차에 대한 기술적 통계량을 분석해 보았다.<표6 참고> 효율성 상위 20개 그룹과 하위 20개 그룹 간에 투자의 배분특성별 평균값 대소관계를 비교한 결과, 협력연구비중을 제외하고는 BBC 모델과 CCR모델이 동일하였다. 그리고, 기초연구비중, 연평균 세부과제수, 도입기연구비중, 대학연구수행비중의 경우, 효율성 상위 20개 그룹이 하위 20개 그룹보다 평균값이 컸으나, 세부과제당 투자비, 중소기업연구수행비중, 대기업연구수행비중, 연구소연구수행비중은 효율성 상위 20개 그룹이 효율성 하위 20개 그룹보다 평균값이 작았다.

그리고, DEA를 활용한 효율성 값들을 종속변수로 두고, 효율성 상위 20개 사업 그룹과 하위 20개 사업 그룹을 대상으로 Wilcoxon-Mann-Whitney 검정을 이용하여 그룹 간 차이에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 분석하였다<표7 참고>. 본 연구에서는 효율성이 높은 상위 20개 사업과 하위 20개 사업을 두 그룹으로 선정하고, 두 그룹 간 위치모수의 동일성에 대한 검정을 실시하였다. 여기서, 귀무가설은 '상위 그룹의 누적함수와 하위그룹의 누적함수가 같다.'로 설정 하였다. 이 귀무가설을 바탕으로 전술한 투자의 배분특성 중 두 그룹간 차이가 있는 특성이 있는지 살펴보고, 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

검정결과, 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성들은 BCC모델과 CCR모델의 결과가 비슷하게 나타났으나, BCC모델에서 대체로 통계적으로 더 유의한 값이 도출되었다. 그리고, 기초연구 비중, 도입기 연구비중, 대학연구 수행비중이 1%, 5% 또는 10% 수준에서 통계적으로 유의하게 나

타난 반면, 연평균 세부과제수, 협력연구비중, 세부과제당 투자비, 중소기업연구수행비중, 대기업연구수행비중, 연구소연구수행비중 등은 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였다. 여기서, 통계적으로 유의한 값을 나타냈다는 것은 ‘두 집단 간 차이가 없다’는 귀무가설을 기각 한 것으로 두 집단 간 효율성에는 차이가 존재한다는 의미이다.

기술적 통계량과 Wilcoxon-Mann-Whitney검정결과를 종합적으로 비교해 볼 때, 기초연구비중, 도입기연구비중, 대학연구수행비중이 높을수록 효율성이 높아진다고 볼 수 있다. Wilcoxon-Mann-Whitney검정결과에서 기초연구비중, 도입기연구비중, 대학 연구수행 비중 등은 효율성이 높은 그룹과 낮은 그룹 간에 상이한 것으로 나타났다. 변수들의 기술적 통계량과 비교해 보면, 기초연구비중, 도입기연구비중, 대학연구수행비중 등은 효율성과 정의 관계임을 알 수 있었다. 따라서, 기초연구비중, 도입기연구비중, 대학연구수행비중이 높을수록 효율성이 높다는 결과를 도출할 수 있다.

<표 6> 효율성이 높은 그룹과 낮은 그룹에 대한 투자 배분특성들의 기술적 통계량비교

	BCC모델				CCR모델			
	효율성 상위 20 그룹		효율성 하위 20 그룹		효율성 상위 20 그룹		효율성 하위 20 그룹	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
기초연구비중(%)	37.42	35.20	16.70	22.44	33.81	30.66	17.73	24.78
연평균 세부과제수(개)	114.00	185.52	105.93	135.14	160.53	242.64	104.12	135.50
협력연구비중(%)	58.30	32.84	52.77	34.29	52.43	31.80	55.57	31.63
도입기연구비중(%)	33.87	23.57	14.66	19.70	36.61	22.94	15.27	19.90
세부과제당 투자비(백만원)	647.04	582.69	5968.96	19312.95	808.05	880.59	1519.67	2627.75
대학연구수행비중(%)	0.22	0.27	0.03	0.08	0.28	0.33	0.10	0.22
중소기업연구수행비중(%)	0.05	0.12	0.13	0.26	0.02	0.06	0.13	0.26
대기업연구수행비중(%)	1.49	4.54	11.06	34.82	0.77	3.36	11.09	34.81
연구소연구수행비중(%)	0.24	0.27	0.38	0.38	0.24	0.32	0.36	0.39

<표 7> Wilcoxon-Mann-Whitney 검정결과

	BCC모델		CCR모델	
	Z	유의확률	Z	유의확률
기초연구비중	-2.041	0.0413**	-1.823	0.0684*
연평균 세부과제수	1.001	0.3168	0.038	0.7352
협력연구비중	-0.636	0.5246	0.095	0.9245
도입기 연구비중	-2.495	0.0126**	-2.848	0.0044***
세부과제당 투자비	1.542	0.1231	0.676	0.4989
대학연구수행비중	-2.111	0.0348**	-1.747	0.0806*
중소기업연구수행비중	0.718	0.4729	1.307	0.1914
대기업연구수행비중	0.584	0.5589	1.333	0.1827
연구소연구수행비중	1.286	0.1986	1.400	0.1615

주) *, **, ***은 10%, 5%, 1%에서 유의함

V. 결론

본 연구에서는 논문, 특허 등 과학기술적 성과관점에서 정부 순수R&D 사업의 효율성을 분석하고, 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 알아보았다. 투입지향적 BCC, CCR 등 2가지 DEA모형을 통해 121개 정부 순수R&D 사업들의 상대적 효율성을 분석하고, Wilcoxon-Mann-Whitney 검정을 통해 투자의 배분특성이 효율성에 미치는 영향을 분석하였다.

정부 순수R&D 사업의 효율성을 분석해 본 결과, 소수의 사업이 효율적이고, 다수의 사업이 상대적으로 비효율적인 피라미드형 분포를 보였다. 전체적으로, 효율성값이 0.3 이하인 사업이 전체의 76.0%(투입지향적 CCR), 68.6%(투입지향적 BCC)을 차지하였다. 또한 연구집단에서 수행하는 원천 R&D가 효율성이 높은 것으로 나타났다. 프론티어에 속하는 사업들 중 '04년~'06년 투자규모 100억 이상 사업은 총 7개인데, 이 중 6개 사업이 연구집단을 통해 원천 R&D를 수행하는 것으로 나타났다.

그리고, 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성에 대한 분석결과, 새로운 영역을 개척하고, 독창성이 높은 기초원천 R&D가 논문, 특허 등의 R&D stock 증대 측면에서 효율성이 큰 것으로 나타났다.⁸⁾ 분석결과에 따르면, 기초연구와 도입기연구에 투자되는 비중이 높은 사업의 효율성 값이 큰 것으로 나타났다. 또한, 대학이 수행하는 연구에 투자하는 비중이 높은 사업일수록 효율성이 높게 나타났는데, 대학은 주로 기초원천연구를 수행한다는 점을 고려할 때, 이는 위와 상통하는 결과라 할 수 있다. NTIS에 따르면, '08년 정부 기초연구 투자비 1조 9,398억원 중에서 대학이 수행하는 연구가 49.9%(9,676억원)을 차지하고 있다. 기초원천R&D의 1차적 연구성과가 논문과 특허이기 때문에 기초원천R&D 투자가 클수록 타 연구에 비해 논문과 특허가 더 많이 산출되고, 따라서 효율성도 더 높아지는 것으로 해석할 수 있다.

최근 우리나라는 기술추격형 R&D에서 기술주도형 R&D로 R&D체제를 전환하기 위해 노력 중이며, 이의 일환으로 기초원천R&D 투자를 늘리면서, 논문을 중심으로 한 과학기술적 성과도 지속적으로 증가하고 있다. 정부는 미래주도형 기초원천연구 역량강화를 목표로 기초원천연구 투자의 전략적 확대를 추진하고 있다. 정부 R&D 투자비 중 기초연구 비중은 '02년 18.7%에서 '09년 27.6%로 증가하였으며, '12년 50%까지 올릴 계획이다.(국가과학기술위원회, 2009) 이렇게 기초원천연구 투자가 증가하면서, SCI논문 기준으로 우리나라 논문 발표 건수는 '99년 11,332편(세계 16위)에서 '07년 25,494편(세계 12위)로 연평균 10.7% 상승하였다.(국가과학기술위원회, 2009) 본 연구결과는 이와 같은 변화된 정부R&D정책과 이에 따른 추진결과를 설명해 준다고 할 수 있다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있으며, 이를 개선하기 위한 후속 연구가 필요하다. 우선, 더욱 정확한 효율성 분석을 위해 검증방법 개발 및 추가조사⁹⁾ 등을 통해 R&D투입인력, 인력양성지원, 사업화 지원 성과 등을 투입 및 산출변수에 추가하여 분석해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 신뢰할 만한 데이터인 정부 R&D 투자비, SCI 논문건수와 국내 특허 출원·등록건수만을 활용하여 효율성 분석을 하였다. 둘째, 정부 R&D 효율성 분석 시, SCI논문 건수, 국내 특허 출원·등록 건수 등 양적인 측면만 고려하였으나, 논문 Impact factor 등 성과의 질적인 측면을 고려할 필요가 있다. 셋째, 선택한 DEA 모델, DMU설정 방법, 고려한 투입 및 산출 변수, 시차효과 등에 따라, 효율성 분석 결과가 달라질 수 있기 때문에, 분석결과의 신뢰성 제고를 위한 여타 보완적 분석을 할 필요가 있다. 마지막으로 정부 R&D 효율성에 영향을 미치는 요소는 투자의 배분특성 뿐만 아니라, R&D 수행 및 관리 체계, 연구인력의 연구능력, 평가체계 및 절차 등 다양하므로, 이를 고려하여 보다 정밀한 요인분석을 할 필요가 있다.

8) 기초연구의 중요성은 경제적 측면의 파급효과를 연구한 논문 등에서도 찾아볼 수 있는데, 신태영(2004)은 기초연구투자의 경제적 파급효과에 대한 실증분석을 통해 기초연구투자가 장기적으로 큰 경제적 파급효과를 가져온다는 결과를 도출하고 정부가 장기적으로 기초연구에 정책적 투자를 해야 한다고 주장

9) 현재, NTIS상에 확보되어 있는 R&D투입인력, 양성된 인력 수, 사업화지원 성과 등을 분석에 활용되기 위해서는 이를 검증하기 위한 제도적 개선이 필요

참고문헌

- 고민수, 이덕주 (2003), “효율적 생산 프론티어를 이용한 연구개발활동의 규모의 보수성 측정”, 한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회.
- 교육과학기술부 (2008), 2008년도 국가연구개발 성과분석 보고서.
- 교육과학기술부 (2010), 2010년 연구개발활동조사 주요 결과
- 국가과학기술위원회 (2009), 기초연구진흥종합계획.
- 기획재정부 (2008), 2008년 연구시설·장비 사업군 심층평가 보고서.
- 김성호, 최태성, 이동원 (2007), 효율성 분석 이론과 활용, 서울경제경영.
- 김현제, 윤원철 (2006), “DEA 기법과 토빗모형을 활용한 효율성 차이에 대한 분석: 서울시 고등학교의 교육성과를 대상으로”, 『재정논집』 제21집 제1호, 97~114.
- 김현철 (2008), 비모수 통계분석, 교육과학사.
- 박수동, 홍순기 (2003), “비모수적 방법을 이용한 OECD 국가별 R&D 효율성과 생산성 분석”, 『기술혁신연구』 제11권 2호.
- 법제처 (2008), 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률(법률 제8852호).
- 신태영 (2004), “기초연구투자의 경제효과 분석”, 과학기술정책연구원 『정책연구』 2004-04.
- 이기종 외 (2009), “08년 과학기술기획 현황분석 및 정책대안 도출연구”, 한국과학기술기획평가원.
- 이장재, 이강춘 (2010), “탈추격형 과학기술전략의 연착륙과 향후 정책방향”, 한국과학기술기획평가원.
- 황석원, 손상학, 장진규 (2009), “부품소재산업 경쟁력 향상사업의 성과분석 : 효율성 분석을 중심으로”, 한국기술혁신학회 2009년 춘계학술대회, 399~415.
- 황석원 외 (2009), “국가연구개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고방안”, 과학기술정책연구원 『정책연구』 2009-24.
- Georghiou, L., Rigby, J. and Cameron, H., eds.,(2001), "Assessing the Socio-economic impacts of the Framework Programme, European Commission.
- Hsu, F.M., Hsueh, C.C.(2009), "Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach, Evaluation and Program Planning" 32, 178 - .186
- Lee, H., Park, Y., Choi, H. (2009), "Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach", European Journal of Operational Research 196: 847-855.
- Lee, H. Y., Park, Y. T.(2005), "An International Comparison of R&D Efficiency DEA Approach", Asian Journal of Technology 13, 2.
- Sprenst, P.(1989), "Applied Nonparametric Statistical Methods", Chapman and Hall.
- Wang, E.C.(2007), "R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach", Journal of Policy Modeling 29 345 - 360
- Wang, E.C., Huang, E.(2007), "Relative efficiency of R&D activities: A cross-country", Research Policy 36, 260-273