

청정생산R&D 정부출연금의 기업R&D투자에 대한 효과분석 - 민간기업R&D투자의 보완·대체효과를 중심으로 -

주홍신*, 김점수, 박중구

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과
139-743 서울특별시 노원구 공릉2동 172

(2011년 5월 8일 접수; 2011년 5월 13일 수정본 접수; 2011년 5월 18일 채택)

Analysis of the Effects of Public R&D Subsidy on Private R&D Investment in the Cleaner Production - Complementary or Crowding-out Effect -

Hong-Shin Ju*, Jum-Su Kim, and Jung-Gu Park

Department of Energy Policy, Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology
172 Gongneung2-dong, Nowon-Gu, Seoul, 139-743, Korea

(Received for review May 8, 2011; Revision received May 13, 2011; Accepted May 18, 2011)

요 약

본 논문은 청정생산분야의 정부R&D투자에 대한 기업R&D투자의 대응방식(보완 또는 대체효과)을 조사하고, 기업R&D투자의 보완·대체의 효과성에 영향을 주는 주요 결정요인과의 상관관계를 분석하였다. 정부R&D지원을 받은 조사대상 207개중에서 95개(45.9%)는 기업R&D투자가 증가하였고, 38개(18.4%)에서는 감소한 것으로 나타났다. 로지스틱 회귀분석(logistic regression analysis)을 통한 상관관계의 분석 결과, 해당기업의 R&D투자집약도가 클수록 정부R&D투자가 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 반면 기업규모, 정부지원 비중, R&D인력집약도 등에서는 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대해서 유의미한 결과가 나타나지 않았다. 이에 따라 정부의 청정생산R&D 지원효과를 높이기 위해서는 매출액 대비 R&D투자를 많이 하고 있는 기업에 보다 중점적으로 지원하는 것이 필요하다. 아울러 정부 R&D사업의 선정과 지원을 보다 효과적으로 하기 위해서는 그간 추진되어왔던 R&D사업별로 사업특성에 따라 보다 미시적인 분석이 필요할 것이다.

주제어 : 정부R&D투자, 기업R&D투자, 청정생산R&D, 보완 및 대체효과

Abstract : In this study, the complementary or crowding-out effects of public R&D subsidy on private R&D investment in the cleaner production were analysed between the effects and the major determinants (company size, R&D investment intensity, ratio of government investment, R&D manpower intensity). Among 207 firms' projects, the number of the complementary effect was 95 (45.9%) while that of crowding-out effect was 38 (18.4%). Resulting from logistic regression, the higher the R&D investment of sponsored companies is, the more complementary effect they show, responding to public R&D subsidy, and increase own R&D investment. The other determinants, however, showed no significant effects on firms' R&D investment. To heighten the effect of public cleaner production R&D, it is need to increase the priority of R&D investment intensity among the determinants. And to increase the performance of governmental R&D investment, further studies for the individual public R&D programs are necessary.

Keywords : Governmental R&D subsidy, Private R&D investment, Cleaner production R&D, Complementary or crowding-out effects

1. 서 론

국내의 기술혁신 촉진이나 생산성 향상을 위한 연구개발(Research & Development: R&D)의 지원 규모가 지속적으로

증가하고 있다. '09년도 국내 총 R&D투자는 37조 9,285억원으로 세계 7위권이고, 국내총생산(Gross Domestic Product; GDP) 대비 R&D투자 비중은 3.57%로 세계 4위권에 해당하며, 정부 R&D투자는 10조 8,889억원으로 전체 R&D투자의 28.7%를 차지하고 있다[1]. 이러한 정부R&D투자는 지속적으로 확대될 것으로 예상된다. 교육과학기술부에 의하면, GDP대비 R&D투자가 '08년의 3.37%에서 '12년에 5% 수준으로 확대되

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail: juhs@seoultech.ac.kr

고, '12년에는 '08년 정부R&D투자(11.1조원)의 1.5배 수준인 16.6조원으로 확대될 것으로 전망하고 있다[2].

이처럼 국내에서 정부R&D투자에 있어서 그 투자액의 증가도 중요하지만, 민간이 전체 R&D투자를 주도하는 현 상황에서 정부R&D지원정책의 효율성을 제고하기 위해, 기업 R&D 지원을 목적으로 하는 정부R&D투자의 효과성에 대한 관심도 갈수록 증가하고 있다. 특히, 자원이 부족한 우리나라에서는 정부R&D투자에 있어서 보다 효율적인 추진(기획, 관리, 평가 등)과 함께, 정부지원의 방향이나 효과를 극대화하기 위해서는 정부의 직·간접적인 R&D지원에 따른 효과성 분석이 중요한 의미를 지닌다.

정부R&D투자와 관련된 기업지원방법은 크게 세제감면이라는 직접적인 지원과 출연금 지급이라는 간접적인 지원방법으로 나눌 수 있다. 이중 세제감면이 기업R&D투자 활동에 가지는 긍정적인 효과에 대해서는 일반적인 공감대가 형성되어 있다[3]. 반면 출연금의 지원에 따른 기업투자의 보완효과(complementary effect) 또는 대체효과(crowding-out effect) 여부에 대한 연구가 활발히 진행중에 있으나, 아직까지 그 결과에 대해서 연구대상과 연구자마다 다르고 공통된 합의에 이르지 못하고 있는 실정이다[4-6].

국내에서도 정부R&D투자와 기업R&D투자간 관계를 연구한 결과를 보면, 보완효과[7,8]와 대체효과[9-11]를 나타내는 등 해외와 마찬가지로 다양한 결과를 보여주며 많은 논란이 되고 있다. 또한, 기존 연구에서는 다양한 목적성을 가지고 있는 정부R&D지원 프로그램들을 하나로 포괄하여 분석을 시도하였으나, 실제로 개별 R&D지원 프로그램에 대한 설명과 함께 개별 프로그램별로 보완·대체 효과를 가져왔는지에 대한 결정요인(determinants) 분석이 미흡한 실정이다[12,13].

이러한 배경에서 본 연구는 정부의 여러 R&D지원 프로그램중의 하나인 청정생산기술개발보급사업을 대상으로 정부 R&D투자에 따른 기업R&D투자의 보완·대체 효과의 관계를 먼저 조사하고, 기업R&D투자의 보완·대체의 효과성에 영향을 주는 주요 결정요인과의 상관관계를 살펴보기로 한다. 이러한 목적에 따라, 제2장에서는 먼저 청정생산기술개발보급사업에 대한 정부지원현황을 개괄한다. 이어서 기존의 국내외 연구결과들을 검토하고 청정생산기술개발보급사업에 있어서 정부R&D투자가 기업R&D투자에 대한 보완 또는 대체효과에 대한 가설들을 설정하기로 한다. 제3장에서는 가설검정을 위한 변수의 선택과 연구방법론을 제시하고, 제4장에서는 연구의 결과와 의미를 살펴보기로 한다. 마지막으로 제5장에서는 요약 및 정부R&D투자의 효과분석에 대한 시사점과 향후 연구 과제를 제시하기로 한다.

2. 선행연구

2.1. 청정생산기술개발보급사업 정부지원 현황

정부는 1995년에 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」 제정을 통해, 청정생산기술을 정의하고 기술개발사업에 대한 지원근거를 마련하여 1995년부터 청정생산기술개발

보급사업을 지원하고 있다. 관련 법률에서는 청정생산기술에 대하여 제품의 설계·생산공정 등 생산과정에서 환경오염을 제거하거나 줄이기 위한 기술과 환경친화적인 제품을 생산하기 위한 기술로 정의하고 있으며, 기업 생산활동 전과정에서 자원효율성과 오염배출을 최소화하려는 사전예방적(FOP: Front of Pipe) 기술로서 오염물질을 처리하는 사후처리(EOP: End of Pipe) 기술 또는 오염관리기술과 구별이 되고 있다. 정부의 청정생산기술개발보급사업의 지원 방향은 생산활동을 통해 오염물 발생을 최소화함과 동시에 원가절감 등의 경제적 효과를 얻는데 있으며, 궁극적으로는 지속가능한 산업발전체제를 구축하고 국내 기업의 경쟁력을 강화하는 데 목적이 있다[14].

'95년부터 시작된 청정생산기술개발보급사업¹⁾은 '08년도까지 총 4천억원 이상의 정부출연금미 약 2천여개의 세부과제에 지원되었다(Figure 1 참조). 정부의 R&D지원 프로그램중에서 같은 이름으로 10년 넘게 지원되었으며, 정부 지원의 중소형 R&D과제와 유사하게 과제당 년평균 약 2억원 정도를 지원하고 있음을 알 수 있다. 추세적으로는 청정생산R&D의 정부출연금이 지속적으로 증가하고 있으나, 최근 들어 지원되는 과제수는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 청정생산기술개발보급사업이 단기적인 성과를 보이기보다는 산업 전반에 걸친 산업원천기술개발의 성격을 가짐에 따라, 과제 지원의 규모를 단기지원에서 중장기적인 대형과제로 전환하고 있음을 알 수 있다.

청정생산R&D 과제를 수행하는 주체별 현황을 살펴보면 (Table 1 참조), 민간기업, 출연연구소, 대학, 기타기관 등으로 구분하였을 경우, 기업에 지원되는 과제수와 정부출연금의 비중이 각각 53.6%, 40.9%('08년도 기준)으로 타 수행주체보다 가장 많이 지원되었다. 또한, 기업에 지원되는 부분 중에서도 중소기업과 벤처기업의 지원과제수와 정부출연금의 비

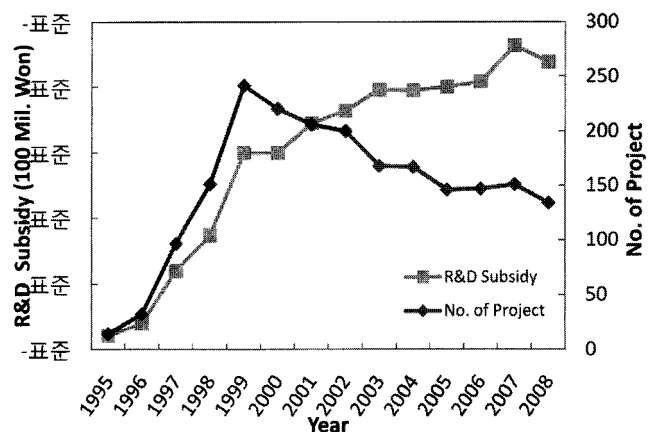


Figure 1. R&D subsidies and projects in cleaner production R&D[15].

1) 기존 청정생산기술개발보급사업중 일부분이 '07년도부터 에너지 및 자원순환기술개발보급사업으로 분리되었으나, 본 논문에서는 두 사업을 포함하여 기술함

Table 1. Public R&D investment according to organizations conducting project[15]

(Unit: 100 Mil. Won)

Organization	Year				
	2004	2005	2006	2007	2008
Public Research Institute	100.4 (41)***	101.7 (40)	117.3 (37)	120.5 (34)	130.0 (45)
Company	235.7 (122)	224.0 (113)	186.2 (99)	217.5 (108)	179.0 (89)
(Conglomerate)	80.1 (34)	62.5 (25)	50.6 (21)	70.1 (25)	50.4 (21)
(SME*)	95.7 (55)	76.4 (43)	71.9 (43)	70.0 (44)	83.6 (46)
(Venture Business)	59.9 (33)	85.1 (45)	63.7 (35)	77.4 (39)	45.0 (22)
University	14.1 (12)	24.5 (20)	15.1 (14)	18.7 (13)	21.7 (15)
Others**	44.2 (17)	49.8 (14)	89.5 (22)	106.3 (16)	107.1 (17)
Sum	394.5 (192)	400.0 (187)	408.0 (172)	463.0 (171)	437.8 (166)

*: Small & Medium-sized Business, **: non-profitable organizations
***: () indicates No. of organizations

중이 각각 76.4%, 73.3%('08년도 기준)으로 높게 나타났다. 이처럼 정부는 청정생산기술개발보급사업을 통해 기업의 생산활동중 청정생산을 적용하기 위한 목적에 부합하도록 기업을 대상으로 많은 부분을 지원하였으며, 기업중에서도 대기업보다는 중소기업과 벤처기업을 중심으로 지원하였음을 알 수 있다.

청정생산기술개발보급사업의 산업분야별 지원규모를 보면 전기전자, 자동차, 정밀화학, 섬유·염색, 석유화학, 도금, 제지, 피혁, 금속가공, 주물, 비철금속, 철강, 바이오 등 전산업에 걸쳐 정부R&D출연금이 고루 지원되었으며, 특히 공통분야(21.8%), 전기전자(13.7%) 등에 많은 지원이 이루어졌다 (Figure 2 참조). 이는 다양한 산업분야에서 제품설계, 생산, 수송, 사용, 폐기·재자원화 등 전공정상에서 발생할 수 있는

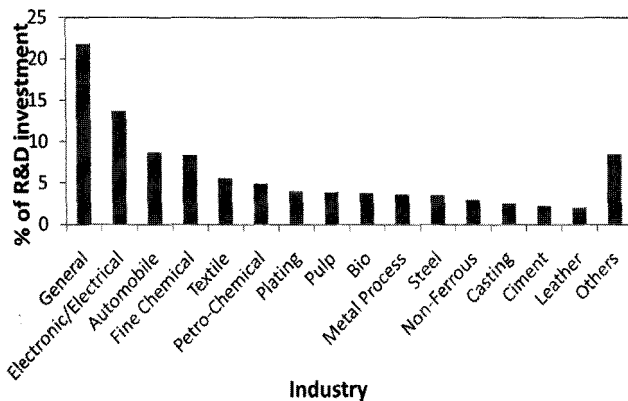


Figure 2. Distribution of R&D investment according to industry[15].

환경오염을 사전에 제거·감축하고 자원순환 효율성을 높이기 위해 다양한 청정생산기술개발이 발굴되어 적용되고 있음을 보여주고 있다.

2.2. 선행연구

정부의 R&D지원 방법은 크게 두 가지로, 정부가 직접 R&D를 수행하는 경우와 정부가 기업에 세제감면이나 R&D출연금을 통해 지원하는 경우로 나뉠 수 있다. 첫 번째(정부의 직접R&D 수행)의 경우, 정부는 국립연구기관을 활용하여 원천적인 연구를 수행하고 그 결과를 기업으로 확산(spillover)하거나 이전(transfer)하여 기업R&D활동을 촉진할 수 있다[3]. 그러나, 이 부분은 직접적인 영향보다는 간접적인 효과를 나타내며 이에 대한 범위와 측정이 어렵고 직접적인 원인을 찾아내기 어렵다.

두 번째(세제감면 및 R&D출연금)의 경우, 기업R&D의 비용을 낮추어 투자 확대를 유인하지만, 세제감면의 경우 불특정 다수 기업에 일률적으로 적용되는 경우가 많고 정부의 영향보다는 시장에 의한 영향이 크기 때문에 특정 기업의 특성이거나 환경에 따른 분석에 어려움이 발생한다[3]. 반면, R&D출연금의 경우 기업선정시 특정기업에 국한되거나 기업간 경쟁 심화 등의 문제가 제기될 수 있으나, 연구에 필요한 자원에 대한 수요가 증가하고 이로 인해 자원의 가격이 상승하게 됨으로써 R&D투자비용이 증가하기도 하고, 정부의 R&D 기획 선점을 통해 기업R&D투자를 대체하기도 한다.

R&D출연금 지원에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대한 연구가 선진국을 중심으로 활발히 진행중에 있으나, 연구대상과 연구자마다 상이한 결과를 보여주고 있다. David et al.[4]은 정부R&D 지원과 기업의 R&D투자간 보완 또는 대체효과를 규명하기 위해 1966년부터 2000년까지 발표된 33편 논문들을 정리하였다. 그 결과 11편은 대체효과를, 17편은 보완효과를 나타내었다. Blank and Stigler[6]은 1,500여개 제조업체의 데이터를 통해 정부R&D투자가 기업의 R&D인력 집중도를 낮추어 대체효과를 나타내고 있으나, 5천명 이상의 대기업만을 대상으로 분석한 결과에서는 보완효과가 있는 것으로 분석하고 있다.

또한, 국내에서 수행된 연구에서도 해외와 마찬가지로 다양한 결과를 보여주고 있다. Kwon[9]은 정부R&D지원을 통해 기업R&D투자를 약22% 줄이는 것으로 분석하였고, Kim [10]은 약 3천여개 기업패널자료를 통해 보조금 1% 증가로 기업R&D투자가 0.06~0.07% 감소되는 것으로 분석하였다. Ko et al.[11]은 1995~2002년간의 기업R&D투자에 대하여 이중차분기법(difference-in-differences)을 적용한 결과, 보조금이 100만원 증가함에 따라 기업R&D투자가 약28만원 감소하는 것으로 분석하였다. 반면, Kim et al.[12]은 1999~2002년간의 20개 정부R&D사업에 대하여 고정효과모형(fixed effect model)으로 분석한 결과, 전체적으로 보완관계를 나타내나 기술수명주기중 도입기 및 쇠퇴기 기술의 경우 대체관계를 나타낸다고 분석하였다. Shin[7]은 정부R&D투자의 정책수단(보조금, 조세지원 등)으로 인한 민간 R&D의 영향을 거시적

인 측면에서 조사하여, 보조금 1원 증가에 기업R&D투자가 2.27원 증가한다고 추정하였다.

Yoo and Park[13]의 연구에서는 다양한 정부R&D지원 프로그램(산업혁신기술개발사업, 부품소재산업육성지원사업, 항공우주기술개발사업, 중소기업기술혁신개발사업 등)에 참여 경험이 있는 제조업체 504개사를 대상으로 정부R&D지원에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과를 조사하고, 그 관계를 결정하는 요인들과의 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 기업규모, 연구개발투자 집약도, 정부자금비중 등이 높을수록 민간R&D투자를 대체하는 효과를 나타내는 반면, R&D인력 집중도가 높을 경우에는 보완효과를 나타내는 것으로 분석되었다.

이처럼 정부 지원에 따른 직·간접적인 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대해서 상이한 결과들이 존재하고 있다. 이는 국가별, 대상기업의 차이와 R&D지원프로그램의 특성 등에 기인한 것으로 판단된다. 또한 국가전체 R&D를 대상으로 하는 거시적인 관점위주로 연구가 진행되고 있어서 개별적인 정부R&D지원 프로그램에 대한 효과를 추정하는데 한계가 있다.

보다 효율적으로 정부R&D지원 프로그램을 기획·추진하고 보조금의 지원효과를 극대화하기 위해서는 동일한 사업목적 을 가지는 정부R&D 프로그램에 대하여 미시적인 수준의 정밀한 실증분석과 주요 요인 분석 등이 필요하다.

2.3. 가설설정

따라서 본 연구는 청정생산에 대한 정부R&D지원이 관련 기업R&D투자를 증가 또는 감소시키는 지와 그 경우 주요 결정요인에 대한 가설을 설정하기로 한다.

모든 산업에서 기술수준은 기업들의 자체적인 R&D 노력에 크게 의존하며, R&D투자를 늘리고 R&D인력을 확보하여 자사의 기술영역을 확대함으로써 신기술·신제품의 개발 및 상업화를 촉진하고 있다. 중소기업이나 벤처기업의 경우, R&D 투자시 정부R&D투자를 중요한 재원으로 활용하고 있으며, 자금조달상의 어려움으로 인해 포기할 수 있는 R&D를 정부R&D지원을 통해 수행하기도 한다. 정부R&D투자가 보다 효과적으로 이루어지기 위해서는 주요 결정요인을 조사하고, 요인별 효과 분석을 통해 해당 프로그램 추진의 효율성을 제고하는 것이 필요하다. Yoo and Park[13]의 연구에 의하면, 정부R&D투자에 대한 기업R&D투자의 주요 결정요인으로 기업규모, 매출액 대비 R&D투자집약도, 정부지원 비중, R&D인력집약도 등으로 설정하여 상관관계를 분석하였다.

기업R&D투자는 기업이 충분한 자금 여력을 가지고 있는 지에 따라 달라지며, 기업의 자금 조달에는 기업규모가 매우 중요한 영향을 미친다. 기업R&D투자는 불확실하기 때문에 자금 확보가 용이한 대기업에서 중소기업이나 벤처기업보다 R&D활동이 활발하게 이루어질 수 있다. Blank and Stigler[6]에서는 대기업을 대상으로 정부R&D지원이 기업R&D투자에 대한 보완효과를 나타내고 있는 반면, Yoo and Park[13]에서는 대체효과를 보이는 등 상반된 결과를 나타내고 있다. 본

연구에서는 기업규모에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대하여 다음과 같은 가설을 설정한다.

<가설 1> 기업규모가 클수록 정부R&D지원은 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다.

다음으로, 최근 들어 기업의 생존과 발전을 위해서는 R&D 활동이 중요해지고 있다. 기업은 기술혁신, 공정혁신, 제품혁신 등을 통한 생산성 향상과 장기적인 성장성을 강화하기 위해 R&D투자에 관심을 가지고 있다. Yoo and Park[13]는 R&D투자 비중이 높은 기업일수록 이미 필요한 수준의 R&D 투자를 하고 있다고 볼 수 있으며 이미 적정수준의 투자를 하고 있는 상황에서 정부R&D지원이 해당 기업의 R&D투자를 대체하는 효과를 나타낸다고 분석하였다. 반면, Lee[8]는 매년 정부R&D투자의 절대액 평균이상인 기업과 첨단산업인 경우에서 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다고 분석하였다. 이와 같이 상반된 문헌분석을 기반으로, 본 연구에서는 정부R&D지원이 기업R&D투자집약도에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대하여 다음과 같은 가설을 설정한다. R&D투자집약도는 정부R&D지원 대상기업이 대기업에서 중소기업까지 다양함에 따라 절대적인 기업R&D투자 규모보다는 R&D투자를 매출액으로 나눈 R&D투자집약도[13]를 활용하기로 한다.

<가설 2> 기업R&D투자집약도가 높을수록 정부R&D지원은 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다.

다음으로, 정부는 시장실패를 정확히 인식하고 보정할 수 있는 최적의 정책(optimal policy)을 수행하거나, 혁신시스템의 실수를 교정해가는 적응적 정책(adaptive policy)의 수행자로 볼 수 있다. 정부R&D투자는 기업의 위험부담을 경감하고 자금제약을 완화하여 기업R&D투자를 촉진시키기도 한다. Yoo and Park[13]에서는 정부R&D비중이 높을수록 기업R&D투자의 대체효과가 있다고 하였으나, 한국의 연구개발체제에서 정부R&D지원을 통한 시장실패나 시스템 실패가 나타나고 있지 않다고 반증하고 있다. 본 연구에서는 정부R&D지원이 정부지원 비중에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대하여 다음과 같은 가설을 설정하며, 정부지원 비중은 절대적 규모가 아니라 총 R&D투자 대비 정부R&D지원의 상대적 비중[13]을 활용하기로 한다.

<가설 3> 정부지원 비중이 높을수록 정부R&D지원이 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다.

다음으로, 기업의 기존기술의 개량과 첨단기술의 개발·적용 등을 효율적으로 추진하기 위해서는 우수한 R&D인력의 확보가 매우 중요하다. 그러나 회사의 규모나 경영전략, 자금 제약 등으로 인해 자체적으로 R&D인력의 확보가 어려운 상황이 발생한다. 이러한 상황에서 정부R&D지원은 기업의 신

규 R&D인력을 활용할 수 있는 기회를 제공하기도 한다. Yoo and Park[13]는 국내 기업의 R&D인력집약도가 높을수록 정부R&D지원이 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타내었다고 분석하였다. 반면, Blank and Stigler[6]는 미국 기업을 대상으로 정부R&D지원이 R&D인력집약도를 낮춤에 따라 기업 R&D투자의 대체효과를 나타낸다고 분석하였다. 이와 같이 상반된 문헌분석을 기반으로, 본 연구에서는 정부R&D지원이 R&D인력집약도에 따른 기업R&D투자의 보완·대체효과에 대하여 다음과 같은 가설을 설정하며, R&D인력집약도는 절대적 규모가 아니라 총 종업원 수 대비 R&D인력의 상대적 비중[13]을 활용하기로 한다.

<가설 4> R&D인력집약도가 높을수록 정부R&D지원이 기업 R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다.

3. 분석방법론

3.1. 자료 및 수집과정

기존 연구에서는 다양한 정부연구개발사업을 함께 분석한 반면, 본 논문은 정부R&D지원 프로그램중에서 단일 목적의 프로그램인 청정생산기술개발보급사업에 국한하여 분석하였다. 자료 조사는 청정생산기술개발보급사업을 총괄관리하는 국가청정생산지원센터의 데이터를 이용하였다. 매년 국가과학기술위원회에서 실시하는 조사·분석·평가를 위해서 R&D 수행자가 직접 입력한 데이터를 포함하고 있으며, 추가적인 조사·분석을 위해 해당 기업을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

Table 2. Data for analysis

Item	Conglomerate	SME*	Venture Business
No. of companies (%)	37(17.9%)	97(46.8%)	73(35.3%)
Average no. of Employees	14,601	179	55
Average amount of sales (100 Mil. Won)	123,299	349	99
Average ratio of R&D Investment (%)	4.3	9.5	18.3
Average ratio of R&D manpower (%)	9.0	27.1	31.6

*: Small & Medium-sized Business

먼저 자료 수집 및 분석결과, 청정생산기술개발보급사업을 수행했던 1,000개가 넘는 주관기관 중에서 대학, 연구기관을 제외하고 기업에서 주관하여 수행한 과제수는 총 658과제로 조사되었다. 이 중에서 종업원수, R&D투자집약도, 정부지원 비율, R&D인력집약도 등에 있어서 세부 데이터가 누락된 과제를 제외한 결과(Table 2 참조), 분석대상 과제는 207개에 해당되었으며, 이중 과제수행 주관기관에 따라 대기업 37개(17.9%), 중소기업 97개(46.8%), 벤처기업 73개(35.3%)를 차지하였다. 종업원수와 매출액의 경우는 대기업, 중소기업, 벤처기업 순으로 크게 나타난 반면, R&D투자비율과 연구인력 비율은 반대로 벤처기업, 중소기업, 대기업 순으로 나타났다.

3.2. 변수의 선택

정부R&D지원으로 인한 기업R&D투자에 대한 증가 또는 감소 여부를 종속변수로 하고, 앞서 언급한 효과성을 결정하는 주요 요인을 독립변수로 하였으며, 다음과 같이 변수를 설정하기로 한다(Table 3 참조).

- 1) 기업규모 변수와 관련하여, 기존 Yoo and Park[13]의 연구에서 기업규모를 종업원 수로 하였으나, 본 연구에서는 해당기업의 매출액(억원)을 대리변수로 사용하기로 한다.
- 2) R&D투자집약도는 각 기업의 매출액 중 실제로 R&D에 투입된 금액의 비중(%)으로 한다.
- 3) 정부지원 비중은 총연구개발비에서 정부에서 지원받은 정책 자금의 비중(%)으로 한다.
- 4) R&D인력집약도는 각 기업의 종업원 총수에서 연구개발에 종사하는 연구원수의 비중(%)으로 한다.
- 5) 종속변수로는 기업들이 정부R&D지원에 따라 R&D투자를 기존의 R&D투자보다 증가(보완) 또는 감소(대체)하는 대응방식을 설정하였다. 기존 Yoo and Park[13]의 연구와 유사하게 로지스틱 회귀분석을 위해 기업의 R&D 투자대응(보완함:1, 보완하지 않음:0)을 질적 변수로 설정하였다.

3.3. 기초통계

분석대상의 데이터(Table 4 참조)를 살펴보면, 기업규모(매출액)는 평균 2조 2,458억원, R&D투자집약도는 평균 11.7%, 정부지원비율은 평균 65.3%, R&D인력집약도는 평균 25.5%로 나타났다.

통계적 분석방법론은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램 활용하였으며, 회귀분석의 방식은 종속변수가 명목적

Table 3. Independent variables

Independent variables	Description	Unit
Company size	Amount of sales	100 mil. won
R&D investment intensity	(R&D investment) / (Amount of sales) × 100	%
Ratio of Government investment	(Government Investment) / (Total R&D investment) × 100	%
R&D manpower intensity	(R&D Manpower) / (No. of employee) × 100	%

Table 4. Statistical analysis of independent variables (N=207)

Independent variables	Average value	Standard deviation
Company size	22,458	87,989
R&D investment intensity	11.7	19.5
Ratio of Government investment	65.3	10.1
R&D manpower intensity	25.5	25.8

도일 때 종속변수와 독립변수간의 상관관계를 설명하는 통계 기법인 로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)을 활용하였다.

4. 실증분석의 결과

4.1. 독립변수간 상관관계 분석

회귀모형에 사용된 독립변수들 간 Pearson 상관계수(correlation coefficient)를 분석하였다(Table 5 참조). 독립변수들 간의 다중공선성(multi-collinearity)이 발생할 경우, 추정오차가 커져 통계적 추정의 의미가 줄어들게 된다. 이를 감안하여 독립변수 간 상관관계의 유무를 나타내는 기준을 ±0.5000으로 할 경우, 기업R&D투자와 관련한 주요 요인을 설정된 독립변수들 간에는 상관계수값이 -0.5000 ~ +0.5000 사이에 있으며 통계적으로 유의한 수준을 나타냄으로 다중공선성이 없는 것으로 밝혀졌다.

4.2. 기업R&D투자의 보완·대체효과 조사결과

본 연구에서 정부의 청정생산R&D지원으로 인해 기업R&D투자의 대응방식(보완 또는 대체)을 조사한 결과, 조사대상 207개중에서 95개(45.9%)는 기업R&D투자가 증가하였고, 38개(18.4%)에서는 감소하였으며, 74개(35.7%)는 변화가 없었다(Figure 3 참조).

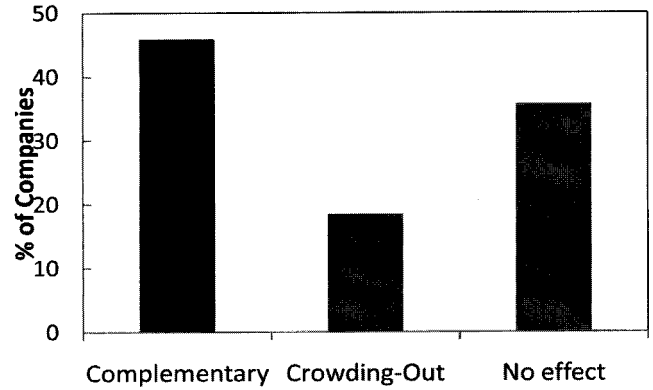


Figure 3. Effects on firms' R&D investment after receiving public R&D subsidies.

보완 또는 대체효과를 보이는 대상으로 기업규모에 따른 분포를 분석한 결과(Table 6), 보완효과의 경우 중소기업 55.8%, 벤처기업 36.8%, 대기업 7.4% 순으로 나타난 반면, 대체효과에서는 벤처기업 44.7%, 중소기업 31.6%, 대기업 23.7% 순으로 나타났다. 보완효과와 대체효과 모두에서 중소기업과 벤처기업이 대기업보다 많은 영향을 받고 있음을 보여주고 있다. 이는 일부 중소기업과 벤처기업에서 장기적이고 불확실한 R&D투자시 정부R&D투자에 따른 지속적인 정책방향을 기반으로 자체적인 투자를 증가(보완)하는가 하면, 일부 중소기업과 벤처기업의 자금조달 여력이 대기업보다도 원활하지 않기 때문에 정부R&D투자시 자체적인 R&D투자를 감소(대체)하기도 하는 것으로 판단된다.

4.3. 실증분석 결과

Table 7은 기업R&D투자에 대한 보완·대체효과(보완함:1, 보완하지 않음:0)을 종속변수로 하고, 앞서 언급한 효과성을 결정하는 주요 결정요인을 독립변수로 하는 로지스틱 회귀분석의 결과를 나타내고 있다. 가설에서는 주요 결정요인인 기

Table 5. Correlation coefficient of independent variables (N=207)

	1	2	3	4
1. Company size	1.000	-0.1252*	-0.2733***	-0.1335**
2. R&D investment intensity		1.000	0.1638**	0.2590***
3. Ratio of Government investment			1.000	0.2501***
4. R&D manpower intensity				1.000

*, **, and *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively.

Table 6. Distribution of firms' R&D investment regarding company size

Effect	No. of Companies			
	Conglomerate	SME	Venture Business	Sum
Complementary effect	7(7.4%)	53(55.8%)	35(36.8%)	95(100%)
Crowding-out effect	9(23.7%)	12(31.6%)	17(44.7%)	38(100%)
Total	16(12.0%)	65(48.9%)	52(39.1%)	133(100%)

Table 7. Result of Regression Analysis (N=207)

Independent Variables	Dependent Variable : Complementary(+) or Crowding-out(-) Effect	
	Hypothesis	Coefficients
Company size	+	$1.206 \times 10^{-7**}$
R&D investment intensity	+	0.0143*
Ratio of Government investment	+	-0.0194
R&D manpower intensity	+	0.0057
model fitness	Likelihood ratio	17.9***

*, **, and *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively.

업규모, R&D투자집약도, 정부지원 비중, R&D인력집약도 등에 대해서 보완효과를 나타낼 것으로 가정되어 있다.

가설로 설정된 모형(Model)의 적합도를 나타내는 Likelihood ratio 통계량은 독립변수들이 1%의 유의수준으로 종속변수를 잘 설명하고 있다는 것을 나타내고 있다(Table 7 참조).

가설검정 결과를 보면, 기업규모와 R&D투자집약도가 클수록 기업의 R&D투자에 대한 보완효과를 나타내고 있다. 반면 정부지원비중과 R&D인력집약도의 경우, 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타내고 있다.

구체적으로 살펴보면, ① 기업규모(매출액)가 클수록 기업 R&D투자가 정부R&D투자에 대해 보완효과를 보이면서 통계적으로 유의미한 것으로 나타나고 있다. 이로써 가설 1, 즉 기업규모가 클수록 정부R&D투자는 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다는 가설은 채택되었다. 그러나 유의할 점은 기업규모의 영향에서 매우 작은 계수추정치(1.206×10^{-7})가 나왔으며, 이는 매출액이 작은 벤처·중소기업에서 매출액이 큰 대기업까지 기업규모의 범위가 넓게 분포되어 있어서 상대적으로 작은 계수추정치가 나온 것으로도 해석될 수 있다. 본 분석을 통해서도 대기업이나 중소·벤처기업사이에 청정생산R&D에 대한 대체 및 보완효과에 대해서 유의미한 차이를 확인할 수 없음을 알 수 있다. 이는 기업규모를 나타내는 매출액대신 종업원수를 대리변수로 하여 분석한 Yoo and Park[13]의 연구결과와 마찬가지로 기업규모의 영향이 크지 않다고 했던 점과 관련성을 보여준다. 또한 Table 6에서와 같이 보완효과와 대체효과를 나타내고 있는 부분이 대기업보다는 중소·벤처기업을 중심으로 이루어지고 있으며, 조사대상 기업중 대기업이 적었던 부분도 있는 것으로 판단된다.

② R&D투자집약도 변수에서는 기업R&D투자를 보완하는 효과를 보이며 통계적으로도 유의미한 것으로 나타나고 있다. 이로써 가설 2, 즉 기업R&D투자집약도가 높을수록 정부 R&D투자는 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다는 가설은 채택되었다. 이는 Yoo and Park[13]의 연구와 상반되는 결과이나, Lee[8]의 연구에서와 같이 첨단산업인 경우에 기업R&D투자를 보완하는 효과와 동일한 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 분석대상 기업 중 중소·벤처기업의 연구개발 투자 비율이 높은 것(Table 2 참조)과 연관되어 있는 것으로

판단된다. 또한 선진국 및 대기업을 중심으로 친환경설계, 청정생산, 자원순환, 국제환경규제대응 등 산업전반에 대한 관심과 투자가 증가하면서 대기업은 물론 대기업과 관련이 많은 중소기업들도 청정생산R&D에 대한 정부지원을 통해 관련R&D분야의 투자를 지속적으로 늘리고 있는 것으로 해석될 수 있다.

③ ‘정부지원 비중’ 변수는 기업의 R&D투자에 있어서 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타내고 있다. 이로써 가설 3, 정부지원 비중이 높을수록 정부R&D지원이 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다는 가설은 기각되었다. 이는 총 R&D투자금액 대비 정부지원 비중이 대체기업이나 보완기업에 대해서 유의미하게 차이가 나지 않는다는 것을 의미한다.

④ ‘R&D인력집약도’ 변수는 기업의 R&D투자에 있어서 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타내고 있다. 이로써 가설 4, R&D인력집약도가 높을수록 정부R&D지원이 기업R&D투자를 보완하는 효과를 나타낸다는 가설은 기각되었다. 이는 총 종업원수 대비 R&D인력의 비율이 대체기업이나 보완기업에 대해서 유의미하게 차이가 나지 않는다는 것을 의미한다.

5. 요약 및 시사점

본 연구는 정부의 여러 R&D지원 프로그램중의 하나인 청정생산기술개발보급사업을 대상으로 하여 정부R&D투자에 따른 기업의 R&D투자의 대응방식(보완 또는 대체)을 조사하고, 기업의 R&D투자의 보완·대체의 효과성에 영향을 주는 주요 결정요인과의 상관관계를 분석하고 있다.

정부의 청정생산R&D투자로 인해 기업R&D투자의 대응방식(보완 또는 대체)을 조사한 결과, 정부R&D투자를 받은 기업(조사대상 207개)중에서 95개(45.9%)는 기업R&D투자가 증가하는 보완효과를 나타낸 반면, 38개(18.4%)에서는 감소하여 대체효과를 나타내고 있다. 74개(35.7%)는 변화가 없는 것으로 조사되었다

기업R&D투자에 영향을 주는 주요요인으로 기업규모, R&D투자집약도, 정부지원 비중, R&D인력집약도 등으로 구분하였으며, 주요 요인별 정부의 청정생산R&D투자에 따른 기업 R&D투자의 대체·보완효과와의 상관관계를 조사하였다. 그 결과, 기업규모(매출액)가 클수록 정부R&D투자가 기업R&D투자를 보완하는 효과를 보이면서 통계적으로 유의미한 것으로 나타나고 있으나, 기업규모의 영향에서 매우 작은 계수추정치가 나왔으며 이는 대기업이나 중소·벤처기업사이에 청정생산R&D에 대한 대체 및 보완효과에 대해서 유의미한 차이가 나지 않는다는 것을 의미한다. 매출액 대비 R&D투자집약도에서는 R&D투자집약도가 클수록 정부R&D투자가 기업R&D투자를 보완하는 효과를 보이면서 통계적으로 유의미한 것으로 나타나고 있다. 반면, 정부지원 비중, R&D인력집약도 등에서는 기업R&D투자의 대체나 보완효과에 대해서 통계적으로 유의미한 결과가 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

실증분석의 결과, 지속적으로 증가하고 있는 청정생산R&D 투자의 지원효과를 높이기 위해서는 매출액 대비 R&D투자를 많이 하고 있는 기업에 정부출연금이 보다 중점적으로 지원될 경우 기업R&D투자가 활성화될 것으로 보여진다. 아울러 오랫동안 다양한 산업분야에 지원되어 온 청정생산R&D에 대하여 좀 더 효율적으로 지원 대상을 기획하거나 기업을 선정할 때 그 기준으로 기업의 매출액 대비 R&D투자집약도를 중요한 변수로 검토하는 것도 필요하다.

본 연구의 한계점으로는 청정생산R&D지원의 효과를 평가하기 위해 좀 더 다양하고 객관화된 변수들을 충분히 고려하지 못한 점을 들 수 있으며, 해당 기업을 대상으로 설문을 통해 대체·보완효과 여부를 얻은 과정에서 기업의 인위적이고 주관적인 판단에 따른 오류가 있을 수 있다는 점을 들 수 있다. 아직까지 정부의 청정생산R&D와 관련된 정확한 자료의 획득과 관리에 어려움은 있으나, 향후에는 청정생산R&D와 관련된 고유의 결정요인(환경적 측면)을 추가로 포함하고, 기업 규모별, 해당 업종별 성과, 경영환경·성과, 연구수행역량 등을 고려하여 보다 구체적으로 분석할 필요가 있다. 또한 보완·대체효과를 명목척도가 아닌 정량적인 증감비율을 적용한다면 보다 미시적인 분석이 이루어질 수 있을 것이다.

정부의 청정생산R&D지원이 매년 양적으로 증가하고 있는 가운데 R&D투자의 지원방향과 정책의 효과를 극대화하기 위해서는 청정생산R&D와 관련된 고유의 지원성과를 지속적으로 조사·발굴하고 시계열 데이터를 활용한 실증분석이 필요하다. 이를 위해서는 무엇보다도 보다 정확하고 정량화된 성과 데이터의 구축과 체계적인 관리가 선행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Ministry of Education, Science and Technology, Survey of Research and Development in Korea, 2010.
2. http://www.mest.go.kr/web/1074/site/contents/ko/ko_0050.jsp
3. Guellec, D., and Van Pottelsberghe, B., "The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D," *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2000/4, OECD (2000).
4. David, P. A., Hall, B. H., and Toole, A. A., "Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D: A Review of the Econometric Evidence," *Res. Policy*, **29**, 497-529 (2000).
5. Emre O., and Taymaz, E., "R&D support program in developing countries: The Turkish experience", *Res. Policy*, **37**(2), 258-275 (2008).
6. Blank, D. M., and Stigler, G. J., "The Demand and Supply of Scientific Personnel," National Bureau of Economic Research, New York (1957).
7. Shin, T., "Behavioral and Dynamic Relationships between Government R&D and Private R&D Expenditures: Complementarity vs. Substitutability," STEPI (2004).
8. Lee, B., "Government and Private Business Research and Development: Are they Complements or Substitutes?," KERI (2004).
9. Kwon, N. H., "The Effects of Government R&D Direct Subsidies on Corporate R&D Investments," *Int. Econ. J.*, **10**(2) 157-181 (2004).
10. Kim, H. S., "Effectiveness of Tax Policy Towards R&D," KERI (2007).
11. Ko, S. W., Kwon, N. H., and Lee, K. N., "Effect of government subsidy on private IT R&D investment," KISDI (2005).
12. Kim, I., Kim W. K., and Kim, H. S., "An Analysis on Efficiency of R&D Investment," KIET (2003).
13. Yoo, M. H., and Park, J. G., "An Analysis on Governmental R&D Subsidy Affecting Firms' R&D Investment-Complementary or Crowding-out Effect, and Determinants," *Rev. Bus. Econ.*, **19**(6), 2445-2468 (2006).
14. http://www.kncpc.re.kr/programs/programs_green_purpose.asp
15. <http://pms.kncpc.re.kr>